Aus dem hygienischen und bakteriologischen Institut der Universität Würzburg.
Vorstand: Prof. Dr. Knorr

Die Ursachen der Hautbaktericidie

Preisaufgabe
der Medizinischen Fakultät
1939/40

Inaugural-Dissertation

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der Medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Rudolf Siegert

aus

Gießen

Würzburg 1940
Buchdruckerei Georg Graßer, vormals Franz Staudenraus.

Berichterstatter:

Professor Dr. Knorr

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Gedruckt mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät Würzburg.

Inhaltsübersicht

	Seite
1. Lokalisation der Bakterien in und auf der Haut a) Keimbesiedlung im Hautquerschnitt b) Faktoren, die die quantitative Keimbesiedlung bestimmen.	5— 8
2. Schutzwirkung der Haut gegen das Eindringen von Bakterien	9—10
3. Schrifttum über die Hautbaktericidie	10—16
4. Untersuchungsmethoden der Hautbaktericidie	16—22
5. Glasringmethode	22—25
6. Vorversuche	25—27
7. Säurekonzentration und Bakterienschutz	27—46
8. Eintrocknung und Baktericidie	46—63
9. Zusammenfassung	64
10. Schrifttum	65—66

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543516_0075

1. Die Lokalisation der Bakterien in und auf der Haut.

a) Keimbesiedlung im Hautquerschnitt.

Die besten mikroskopischen Untersuchungen über das Eindringen von Bakterien in die unversehrte Epidermisdecke und in die Hautdrüsengänge liegen in *Hoegler's* Dissertation „Händereinigung, Händedesinfektion, Händeschutz" (1900) vor. Vor ihm war schon die Bakterienflora der Hornschicht von *Bizozerro, Bardini-Uffreduzzi, Sehlen, Michelsen, Boek* und vor allem von *Unna* an künstlich gelösten Epidermisschüppchen, Comedoneninhalt und epilierten Haaren untersucht worden. Ebenso wenig konnte durch Exzision oder Abschabung verschiedener Schichten *(Petruschky* und *Bunge)* die Lokalisation der Keime einwandfrei nachgewiesen werden. *Hoegler* stellte in Serienschnitten fest, daß die Keime nur der oberflächlichen Epidermisschicht anhaften und sich höchstens unter die teilweise abgelösten Lamellen schieben. Zur Erleichterung mikroskopischer Differenzierung nahm er Tusche, um zu beweisen, wie tief Bakterien einzudringen vermögen. Bei leichtem Reiben mit einem Pinsel blieben die Kohlepartikel nur an der Oberfläche; sie gelangten weder in Schweiß- noch Talgdrüsen. Bei starkem Reiben drangen sie etwas tiefer, da hierdurch das Einschieben der Kohlepartikelchen unter die Schüppchen erleichtert wird. In Schweißdrüsen wurden sie bis in die erste und zweite Schraubenwindung, nie aber im stratum granulosum nachgewiesen; in den Haarbälgchen bis unter das Niveau des Rete Malpighi, wo die Talgdrüsen münden.

Ähnliche Befunde ergaben sich beim Einreiben von Staphylokokken. In den Haarbälgen gelang ihm der Nachweis, nie aber in den Schweißdrüsen. Die feine Öffnung, die gewundene Form des Drüsenganges, und vielleicht auch der Sekretstrom erschwerten das Eindringen. Anscheinend verhindere auch die Fettschicht, die die Drüsengänge auskleidet, das Vordringen.

Hoegler konnte weiterhin nachweisen, daß eben so wenig eine Vermehrung wie ein Einwachsen der Keime in die Tiefe stattfindet. Bakterien wachsen nicht in Hautöffnungen, sie gelangen nur mechanisch dorthin. Bei geeignetem Nährmaterial erfolge eine Vermehrung wie auf jeder anderen Fläche. *Mit Schweiß durchfeuchtete, macerierte Epidermis ermögliche trotz ihrer sauren*

Reaktion ein Auskeimen. Der Keimgehalt hinge weniger von der Art der Beschäftigung als von der Beschaffenheit der Haut ab. Von der Oberfläche der ganz trockenen (einige Zeit nicht gewaschenen, nicht schwitzenden Tageshand) lösten sich an trockenem Material auffallend wenig Keime. Um den wirklichen Keimgehalt zu erfahren, müsse die Haut befeuchtet werden.

Noguchi (1912) untersuchte ebenfalls die Lokalisation der Keime in der Haut. Er stellte fest, daß sich pathogene Bakterien neben Saprophyten im wesentlichen nur an den oberflächlichen Hautschichten befinden, da das Eindringen in die Tiefe sehr erschwert sei. Die aber dorthin gelangten Mikroorganismen erhielten und vermehrten sich vielleicht auch.

Hilgers (1932) schildert die Keimbesiedlung im Hautquerschnitt. Auf der Oberfläche seien reichlich *„Anflugkeime"*, in tieferen Schichten spärlich *„Haftkeime"*, und nur sehr selten seien unter bestimmten Bedingungen in den tiefsten Schichten Übergänge von Haft- zu Infektionskeimen anzutreffen (*„Invasionskeime"*).

b) Faktoren, die die quantitative Keimbesiedlung bestimmen.

Vergleichende Untersuchungen verschiedener Körperstellen wiesen starke Unterschiede in der Keimbesiedlung auf. Diese Erkenntnis führte zu zahlreichen Erklärungsversuchen, die im Hinblick auf die Haut-Baktericidie von Wichtigkeit sind.

Als erster beschäftigte sich *Lebert* (1845) mit der parasitären Hautbesiedlung.

1875 stellten *Eberth* und *Bizzozero* zum ersten Mal den Einfluß der *Temperatur* und der vermehrten *Talg-* und *Schweißdrüsen-Sekretion* auf den Bakteriengehalt der Haut fest. (Achselhöhle, Oberschenkelfalte, Genitale).

Markoff (1886) untersuchte die Hautverunreinigung durch Mikroorganismen bei Kranken. Konstante *Temperatur, Feuchtigkeit* und das entsprechende *Nährmaterial* begünstigten das Ansiedeln von Bakterien, da alle zum Wachstum erforderlichen Bedingungen vorhanden seien. Die Mehrzahl der Hautkeime wären Saprophyten, die deshalb harmlos seien, weil ihre Vermehrung durch die übrige Bakterienflora eingeschränkt werde. Eine der Hauptverunreinigungsquellen sei der Schweiß. Eine Beständigkeit in der Zahl der Keime an irgend einer Hautregion konnte er nicht feststellen. Die größte Zahl Mikroorganismen fände sich bei Leuten mit rauher, schweißiger Haut.

Wigura (1911) untersuchte ebenfalls den normalen Keimgehalt der Haut quantitativ und qualitativ und berichtet, daß die bakteriellen Verunreinigungen in weiten Grenzen schwanken. An-

gehörige intelligenter Stände wiesen weniger Hautkeime auf. *Behaarung und Schweißsekretion* hätten Einfluß auf die Bakterienzahl.

Hidaka (1911) gab an, die Haut der Männer sei bakterienreicher als die der Frauen. Bei Kindern unter 14 Jahren wäre die Körperoberfläche relativ bakterienarm, nach der Pupertät bedinge dagegen das Alter keine Unterschiede mehr. Eine aufschlußreiche Übersicht über die Alters-, Geschlechts- und regionären Unterschiede gibt eine Tabelle von *Hidaka* an:

		Gesicht	Rücken	Oberschenkel
Erwachsene	♂	707	240	173
	♀	103	65	42
Kind		3	2	29

Kolonienzahl pro 0,1 qcm Haut

Magere Menschen und solche mit talgarmer und rauher Haut wiesen eine erheblich größere Keimzahl auf als solche mit glatter talgreicher Haut. (Gesichtshaut sei bakterienreicher als Rückenhaut). Schweißresektion hätte für den Bakteriengehalt nur geringe Bedeutung. Angehörige verschiedener Berufsklassen zeigten keine wesentlichen Unterschiede. *Röntgen- und Quarzlampenbestrahlung setzten den Keimgehalt herab.*

Die meisten Untersuchungen der Keimflora wurden qualitativ durchgeführt. Die Zahl der gefundenen Keime stieg mit der Entdeckung neuer Bakterienarten weiter an. Sie waren von besonderem Interesse für die Dermatologie und wurden daher in überwiegendem Maße von Hautärzten durchgeführt, während die quantitativen Untersuchungen aus allgemein-hygienischen Gesichtspunkten oder für Desinfektionszwecke unternommen wurden.

Hilgers (1932) stellte alle Erkenntnisse auf dem Gebiete der Hautbakteriologie zusammen. Aus dieser umfassenden Darstellung seien nur einige Punkte herausgegriffen.

Der Säugling biete für Bakterien günstigere Lebensverhältnisse, die auf dem Feuchtigkeitsgrad und der höheren Temperatur beruhen. Daher weise er einen größeren, aber einförmigeren Keimgehalt als die Haut des Erwachsenen auf. Im allgemeinen schwanke die Keimbesiedlung in den verschiedenen Lebensaltern nur gering. Die Haut liefere bei einer *Temperatur* von 30—35°, ihrem *Feuchtigkeitsgehalt* und *Nährmaterial aus abgeschilfertem Epithel, Talg* und *Schweißdrüsensekret* gute Entwicklungsbedingungen. Diese Faktoren bestimmten in quantitativer und qualitativer Hinsicht die Keimansiedlung. Sie sei an mechanisch geschützten, feuchten Hautregionen zahlreicher als auf glatten, trockenen Flächen mit geringem Nährmaterial. Hautfalten hätten eine vielgestaltigere Bakterien-Flora, ebenso behaarte Haut mehr als unbehaarte.

Braun (1928) fand die Haare keimärmer als die Haut, häufig sogar steril.

Wesentliche Unterschiede der Bakterienflora würden durch die verschiedene *Hautbeschaffenheit* herbeigeführt. Rauhe, rissige Haut mit Neigung zur Schweißsekretion sei wegen stärkeren Nahrungsangebots keimreicher. Der Keimgehalt von handarbeitenden Menschen wäre höher als der von Geistesarbeitern, Frauen hätten weniger Mikroorganismen als Männer auf der Haut. *(Hilgers)*.

Hobein gibt an, daß Beziehungen beständen zwischen der Keimzahl der Hautoberfläche und der Kleidung sowohl was Gewebsart wie Tragedauer betrifft.

Kappis macht auch den örtlichen Bakterienreichtum von der Stärke der *Hautfeuchtigkeit*, von der Menge der *Bakteriennahrung* sowie von der Größe des *Schutzes vor Abschilferung* abhängig; ebenso werde die Keimflora an behaarten Körperstellen begünstigt, da der Haarschutz die Entfernung der abgestoßenen Epithelien verhindere.

Die Angaben über Hautverunreinigung schwanken bei den verschiedenen Autoren außerordentlich, sodaß absolute Zahlen als wertlos angesehen werden müssen. Berufliche Tätigkeit, je nach dem Grad der Verschmutzungsmöglichkeit, bildet einen wesentlichen Grund für die natürlichen Unterschiede. Ebenso ist die Körperpflege naturgemäß von Einfluß, da hierdurch die Zahl der Anflugskeime herabgesetzt wird. Durch Puderung und Einfettung (trocknende und glättende Wirkung) werden die Ansiedlungsbedingungen verschlechtert. Ein Teil der Keime wird physiologisch, ein Teil mechanisch entfernt. Für das Bakterienwachstum auf Grund der Feuchtigkeitsverhältnisse ist das sog. „*Hautklima*“ des bekleideten Körpers von Bedeutung. Eine Beschränkung der Wasserdampfabgabe bei luftundurchlässiger Kleidung führt eine erhöhte Wasserdampfansammlung auf der Körperoberfläche herbei und wird dementsprechend zu einer Vermehrung der Bakterien auf der Haut beitragen.

Über die Verweildauer künstlich aufgebrachter Keime wurden nur wenige Untersuchungen ausgeführt *(Schiemann* und *Landau, Neufeld)*. Bei Untersuchungen auf lebender Menschenhaut ergab sich bei leichtem Auftragen auf der Außenseite des Unterarmes eine Verweildauer von 96 Std., wobei die Keimzahl zuerst schnell, dann allmählich abnimmt.

2. *Schutzwirkung der Haut gegen das Eindringen von Bakterien.*

Die Haut grenzt den Organismus gegen seine Umgebung ab und übernimmt damit wesentliche Aufgaben. Neben ihrer rein mechanischen Schutzfunktion, ihrer chemisch-physikalischen Regulationseinrichtungen und Empfindungsfunktionen ist von besonderer Bedeutung die Fähigkeit der Haut, das Eindringen von Bakterien zu verhindern. Diese lebenswichtige Eigenschaft ist begründet in dem Zusammenwirken mehrerer Faktoren.

Der kräftige Widerstand, den die unversehrte Haut dem Eindringen pathogener Mikroorganismen entgegensetzt, beruht in erster Linie auf *mechanischen Momenten (Gottschlich* 1929).

Seit langen Jahren ist es schon eine Streitfrage, ob es Bakterien möglich ist, das unversehrte festgefügte Plattenepithel der Körperoberfläche ohne mechanische Hilfe zu durchwandern. Eine sich dauernd abspielende mechanische Reinigung von den oberflächlich in großer Zahl sitzenden Bakterien kommt durch die ständige *Abschilferung* der verhornten oberen Schichten des stratum corneum zustande. *(Sabourand).*

Eine gleichmäßig die Hautoberfläche überziehende Schicht von *Hauttalg* macht sie weniger durchlässig für wässerige Lösungen und erschwert somit auch das Eindringen von Mikroorganismen.

Der ununterbrochen in verschiedener Stärke fließende Sekretstrom besonders der Schweißdrüsen schwemmt die tiefer eingedrungenen Bakterien wieder an die Oberfläche. Die Schweißdrüsen der normalen Haut und deren Ausführgänge liefern Keimen keine Ruhestelle. Unter abnormen Umständen eingedrungene Bakterien werden eliminiert. *(Ritchie 1909).*

Die Haut muß aber noch über gewisse Schutzeinrichtungen verfügen, die die Vermehrung von Krankheitserregern verhindern. Es wäre sonst undenkbar, wenn nicht öfter allgemeine Infektionsprozesse von der Haut aus zustande kämen *(Hahn 1929).* Er führt weiter an, daß es natürlich nicht leicht sei in den Fällen, wo die Haut unzugänglich für bestimmte Bakterienarten ist, die Faktoren der Vernichtung festzustellen. Die Sekrete der Haut wechselten mannigfach in ihrer chemischen und biologischen Zusammensetzung und Reaktion. Ebenso variiere der Bakteriengehalt nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ. Sicher werde das Schicksal der oberflächlichen Keime durch das Zusammenwirken verschiedener Faktoren bestimmt: *Undurchdringlichkeit, schwierige Benetzbarkeit* der obersten verhornten Epithelschicht, *geringer Wassergehalt* der oberflächlichen Hautschicht und die *saure Reaktion* seien die wesentlichsten Gründe der Schutzwirkung. Diese

Ansicht stützt sich darauf, daß die meisten krankheitserregenden Hautparasiten der Gruppe der Schimmelpilze angehören, die gegen niedrigen Wassergehalt und saure Reaktion des Nährmediums unempfindlich sind.

Die Haut zeige lokale Empfänglichkeit für Staphylokokken und Streptokokken, Milzbrand und Tuberkelbazillus; gegen die andern müsse natürliche Resistenz vorhanden sein, eine natürliche „*Gewebsimmunität*" (*Besredka* 1926).

Hat eine Verletzung der Epidermis stattgefunden, dann hängt die Abwehr von allgemeinen humuralen und zellulären Faktoren ab.

Diese angeführten Schutzwirkungen der Haut liegen in ihrem anatomischen Aufbau und in der physiologischen Leistung ihrer Drüsen begründet.

3. Schrifttum über die Hautbaktericidie.

Die zahlreichen Beobachtungen über den großen Keimgehalt der Hautoberfläche regten schon frühzeitig die Frage an, wie sich der Organismus dieser Bakterien erwehrt. Versuche über die Verweildauer exogener Mikroorganismen auf der Oberhaut wurden in erster Linie aus epidemiologischen Gründen unternommen. Man erkannte bald, daß der Körperoberfläche eine *selbstreinigende Wirkung* zukommt. Künstlich auf die Haut gebrachte Keime entziehen sich zum größten Teil schon nach kurzer Zeit dem Nachweis.

Liegt dieser Vorgang an der *mangelhaften Methode* und an der Schwierigkeit, die Keime von der *zerklüfteten Epidermisoberfläche* wieder aufzusammeln? Oder dringen die Bakterien in die Tiefe? Liegen dem Verschwinden *biologische Abwehrvorgänge* des Epithels zugrunde? Handelt es sich im wensentlichen um *chemisch-physikalische* Einflüsse?

1903 prüfte *Simoncini* die Infektionsmöglichkeiten auf der Haut bei verschiedenen Erregern und kommt zu dem Schluß, daß sie sich nicht bei allen gleich verhalten. Diesen Unterschied in der Funktion verschiedenen Keimen gegenüber schreibt er einer besonderen *desinfizierenden Kraft* der Haut zu. Die Infektionsmöglichkeit sei abhängig von der Zahl der Erreger.

Im Anschluß an Desinfektionsversuche berichten *Schiemann* u. *Landau* 1918, daß der Hautoberfläche ein sehr wichtiger Schutz gegen die Übertragung von Typhus, Ruhr usw. zukommen müsse. Diesen damals noch nicht näher untersuchten Vorgang bezeichneten sie als „*Selbstreinigung*" der Haut. Sie berichteten, daß von einer mit Coli infizierten Hand nach kurzer Antrocknungszeit nur noch ein Bruchteil der aufgebrachten Keime abgegeben wird. Begreiflicherweise seien die Keime um so schneller von den Fingern

verschwunden, je weniger aufgebracht worden waren. Sie halten es für sicher, daß bloßes Eintrocknen Bazillen nicht so schnell zum Absterben bringen könne, wobei es noch unentschieden sei, ob dieser Vorgang vorwiegend auf mechanischer Abstoßung oder auf Abtötung durch bakterienfeindliche Stoffe der Haut beruhe. In erster Linie müsse man, entsprechend der Hautreaktion, an *Säuren* denken. Um diese Frage zu klären, stellten sie vergleichende Untersuchungen mit Bakterium coli und widerstandsfähigen Sporen an. Coli verschwand in allen Fällen viel schneller als die Sporen. Sie schlossen daraus, daß die Selbstreinigung nicht ausschließlich in mechanischen Vorgängen zu suchen sei, sondern daß eine bakterientötende Wirkung dabei eine wesentliche Rolle spiele. Diese Baktericidie mag sich an verschiedenen Bakterienarten verschieden äussern. Sie untersuchten weiter angesichts der starken Keimabnahme, ob es nicht ebenso gut sei, sich auf die Selbstreinigung als auf die Wirkung des Waschens zu verlassen, da ja das Waschen durch Änderung der Hautsekrete die Selbstreinigung verzögern könnte. Es ergab sich, daß die Keimbeseitigung durch Waschen eine viel schnellere ist. Auch in der durch Waschen aufgeweichten Haut gingen die noch übrig gebliebenen Keime unter dem Einfluß der Selbstreinigung rasch zugrunde. Dabei treffe, was praktisch bedeutsam ist, die Selbstreinigung die tiefliegenden Keime zuerst, die sich der Waschung stets und häufig auch der Desinfektion entzögen.

1919 stellten *Dold* und *Chen Yü Shiang* fest, daß nach wenigen Minuten die Zahl der durch Fingerberührung übertragbaren lebensfähigen Typhuskeime stark abnimmt und bald Null wird. Sie führten verschiedene Erklärungen für die Keimverminderung an ohne exakte experimentelle Beweise. Die *Oberflächenbeschaffenheit* der Haut mit ihren zahlreichen Buchten wird beim Abstreichen ein Teil der Keime zurückhalten. Für einen vielleicht noch wesentlicheren Faktor halten sie die rasch einsetzende *Trocknung*. Die Annahme, daß vielleicht die auf der Haut befindlichen Sekretstoffe die Vitalität der Typhusbakterien ungünstig beeinflußen könnten, wurde durch Versuche mit abgeschabtem Hautsekret nicht bestätigt. Es sei aber auch noch an eine bakterienfeindliche Wirkung der *Belichtung* zu denken, was aber bei diffusem Tageslicht in geschlossenen Räumen nur gering zu veranschlagen sei.

Aus neuerer Zeit liegen einige amerikanische und deutsche Arbeiten vor, die sich mit dem Vorgang der Hautbaktericidie befassen und ihn experimentell zu klären suchen. Ziemlich einheitlich wird berichtet, daß nach 10 Min. 70 bis 90% der aufgebrachten Bakterien von der Hautoberfläche verschwunden seien.

Braun (1928) untersuchte die baktericide Kraft von Haut, Haaren und Cerumen in Reagenzglasversuchen und kam zu der

Ansicht, die bakterienfeindlichen Stoffe seien in Alkohol, Äther und Azeton löslich. Im Reagenzglas mit diesen Extrakten versetzte und bebrütete Bakterienkulturen zeigten nach Agarzusatz vermindertes, bei großen Extraktmengen sogar aufgehobenes Wachstum.

Shaker Shoukri (1920) untersuchte die Infektionsmöglichkeiten bei verschiedenen Erregern. Ansteckung mit hochvirulenten Bakterienstämmen von der unverletzten Haut aus gelang nur beim Einreiben großer Keimmengen. Er nimmt an, daß neben mechanischen Momenten noch besondere Schutzkräfte des Organismus wirksam sind, die zu einer Abtötung oder starken Schädigung (Virulenzabschwächung) der Erreger führen.

Singer und *Arnold* (1930) brachten auf die mit Wasser und Seife gereinigte Haut Prodigiosum- und Colikeime und beobachteten, daß schon während der ersten 10 Minuten 90 bis 95% der Bakterien vernichtet wurden. Hautkokken seien langsamer wie Luftkokken zugrunde gegangen.

Cornbleed und *Montgomery* (1931) geben an, daß diese Reduzierung nur bei trockener Haut eintrete. In Hautfalten sei diese desinfizierende Wirkung herabgesetzt. Sie finden weite Schwankungen in der Baktericidie: Bei Epithelabschürfung, Mykosen und Furunkulose sei sie herabgesetzt; dagegen konnten sie ihre Vermutung nicht bestätigen, daß sie an besonders keratinhaltigen Abschnitten erhöht sei.

Norton und *Novy* (1931) stellten den Zusammenhang zwischen Bakterienabnahme und sichtbarer *Eintrocknung* der auf die Haut gebrachten Bakterienabschwemmungen fest. Sie untersuchten, ob vielleicht eine Aufsaugung in die Haut stattfände, konnten aber auf Schnittpräparaten in der Tiefe keine Keime nachweisen. Auch an totem Material fiel die Bakterienabnahme mit der Eintrocknung zusammen. Es gelang niemals, durch Anfeuchten auf der Oberfläche angetrocknete Bakterien wieder lebensfähig zu machen. An feuchtem Material hielten sich Bakterien viel länger lebensfähig als an trockenen Gegenständen.

Virginia Fisher (1931) stellt fest, daß die keimtötende Wirkung der Oberhaut besonders im Beginn der *Menstruation* um etwa 15% herabgesetzt sei. „Ketogenisierende" Diät hebe diese Wirkung wieder auf, ohne eine genauere Erklärung dafür zu geben, was sie unter „ketogenisierender" Kost versteht. Ihre Feststellungen stützen sich nur auf eine geringe Untersuchungszahl.

Pease und *Himbeaugh* (1930) berichten über Beobachtungen mit unverdünnten Brühekulturen. Sie kommen zu der Ansicht, daß die durch Eintrocknung herbeigeführte Konzentrierung der in der Brühe enthaltenen Bestandteile die keimtötende Wirkung der Haut herabsetzen würde. Die unverdünnten 24 Std. alten Brühe-

kulturen enthielten auch mehr Bakterien als die Haut bewältigen könne. Bei der Prüfung der physiologischen Keimvernichtung auf der Haut dürfe man nicht eine Schicht fremden Materials auf das verhornte Epithel bringen, da hierdurch die Berührung der Bakterien mit der Haut nicht stattfinden könne.

Montgomery (1931) weist darauf hin, daß die Haut des Diabetikers nur annähernd die Hälfte der baktericiden Wirkung zeige. Ebenso spiele der menstruelle Zyklus eine Rolle.

1933 geben *Arnold* und *Bart* an, Prodigiosum verschwände auch von feuchter Oberfläche, allerdings weniger schnell. Daher könne die Eintrocknung nicht der wirksame Faktor sein. Sie sind der Ansicht, daß die baktericide Wirkung auf den obersten verhornten Epithelzellen beruhe, da diese nach Abschaben imstande seien, Bakterien zu vernichten. Es handele sich also bei der desinfizierenden Kraft nicht um einen Eintrocknungsvorgang, sondern um eine besondere Eigenschaft der *Keratin-Substanz*. In den tieferen Epidermis-Schichten konnten weder histologisch noch kulturell Testbakterien nachgewiesen werden. Auf Leichenhaut fand sich noch nach einer Stunde eine üppige Flora. Nach dem Genuß einer „Ketogenik"-Diät und von Alkohol sei die Abnahmegeschwindigkeit vergrößert. Sie gaben zu, „weitentfernt davon zu sein", diese Vorgänge erklären zu können, da ja die Trocknung eine unmaßgebliche Rolle spiele. Es war ihnen auch nicht gelungen, durch direkte Betrachtung das Schicksal der Mikroorganismen zu verfolgen. Dann versuchten sie, um zum Ziel zu kommen, Antigen-Körper der Testbakterien nachzuweisen; aber ohne Erfolg.

Bryan und *Mallmann* (1933) geben ebenfalls die selbstdesinfizierende Wirkung der Haut zu, die aber an toten Gegenständen geringer sei. Ultraviolettbestrahlung soll sie verstärken, während andere Autoren diese Wirkung bestreiten.

Schade und *Marchionini* (1928) fassen das Problem von einer anderen Seite an. Sie führen diese Vorgänge auf den *„Säuremantel"* der Haut zurück. Dieser Säuremantel entsteht durch die Verdunstungsrückstände ekkriner Schweißdrüsenprodukte. Infolge des Verdunstungsvorganges werden die Schweißbestandteile konzentrierter und dadurch die pH Jonen-Konzentration des Schweißes von pH 6 bis 4 weiter nach der sauren Seite hin verschoben, sodaß sich auf der Hautoberfläche Werte von pH 5 bis 3 ergeben sollen.

Mit Hilfe seiner Meßmethode hat nun *Marchionini* auch eine Topographie der Hautoberfläche angegeben. Er wies einige *„physiologische Lücken"* in diesem Säuremantel nach, die Krankheitserregern optimale Wachstumsbedingungen geben würden. Diese Säurelücken sind besonders ausgesprochen an folgenden Stellen:

Die Achselhöhle des Erwachsenen, Genital- und Analgegend; sie werden erstens auf die Entwicklung apokriner Schweißdrüsen in der Pupertät zurückgeführt, die ein schwach sauer-alkalisch reagierendes Exkret absondern, und zweitens auf die Verdunstungsbehinderung in diesen Regionen. Dieser letztere Grund führt auch die höheren Grade der Alkaleszenz in den Interdigitalpartien der Füße und von verschiedenen Bezirken der Fußsohle herbei.

An zahlreichen klinischen Beispielen zeigt *Marchionini,* daß diese Regionen häufig bakteriell oder mykotisch bedingten Hauterkrankungen ausgesetzt sind, da sie optimale Wachstumsbedingungen bieten. Bei einer Gegenüberstellung von Unterarm und Achselhöhle ergab sich ein schnelleres Verschwinden von Bact. prodigiosum am Unterarm, während sie sich in der Achselhöhle viel länger lebensfähig hielten. *Marchionini* weist darauf hin, daß nicht nur die verschiedene *chemisch-physikalische Beschaffenheit* der Hautoberfläche, sondern auch der *Feuchtigkeitsgrad* und eine gewisse *Maceration* das längere Nachweisen von Bakterien ermöglicht.

Ebenso erblickte *Süssmann* (1928) in der *sauren Umkleidung* des Körpers eine wirksame „Abwehrschranke" gegen Mikroorganismen, ohne allerdings diese Behauptung experimentell zu beweisen. Sie versage aber bei säuretoleranten Bakterien und solchen Keimen, die infolge ihres Proteinstoffwechsels sich mit diffusibler Basen umgeben und damit die pH-Konzentration ihrer Umgebung neutralisieren.

Arnold, Gustafson, Hull, Montgommery, Singer (1930) führen die bakterienfeindliche Eigenschaft der Haut ebenfalls auf die saure Reaktion, die durchschnittlich pH 5,2 betrage, zurück. Schon nach 10 Minuten seien auf der normalen Haut höchstens ein Zehntel so viel Keime nachweisbar wie zu Versuchsbeginn. An der Haut von Toten sei die Bakterienverminderung viel geringer. Alle Versuche, die Haut alkalisch zu machen, scheiterten. Sie geben an, daß die baktericide Wirkung durch Bestrahlung vor der Beimpfung erhöht werde und führen diese Erscheinungen auf die eintretende Hyperämie und den Schweiß zurück. Schmutzige fettige Haut wirke auf Bakterien fast gar nicht, weil wahrscheinlich das Fett die Keime vor der Einwirkung schütze.

Burckhardt (1935) ist der Ansicht, daß der Säuregrad der Hautoberfläche in direkter Beziehung zur Funktion der Epithelzellen steht. Er sucht experimentell zu beweisen, daß die Alkalineutralisation nicht mit der Schweißdrüsenfunktion in Beziehung steht. Hauttalg und Hornhautdicke würden sie nicht beeinflussen. Damit wäre eine selbstdesinfizierende Hautwirkung auf eine *spe-*

zifische Epidermistätigkeit zurückzuführen, und Leute mit der meisten Säure auf der Haut hätten die stärkste baktericide Fähigkeit.

Ernst (1937) wirft in seinem Buche die Frage auf, ob die Haut nicht infolge wiederholter Reizung durch Desinfektionsmittel in ihrer selbstdesinfizierenden Wirkung beeinträchtigt werden könne, oder ob durch längeres Haften der Desinfizienzien auf der Haut ihre baktericide Kraft noch erhöht werden könne. Er führt auch die Tatsache an, daß unter dem Einfluß eines schweren allgemeininfektiösen Prozesses die Haut für Bakterien empfänglich wird, die unter physiologischen Verhältnissen nur als Saprophyten mit „gefesselter Invasivität" auf ihr vegetieren. Er folgert daraus, daß es sich nicht um einfache chemisch-mechanische Resistenz handele, sondern es müßten hier noch bakterienfeindliche Kräfte im Spiel sein, die sich schon auf der Oberfläche in Abtötung oder Abschwächung von Keimen geltend mache. Der Wechsel und die Abhängigkeit der Hautbaktericidie von verschiedenen Faktoren ließen die berechtigte Vermutung zu, daß es sich hier um *biologische Schutzkräfte* auf der Körperoberfläche handele. — Die Anschauung, daß von den Epidermiszellen Schutzstoffe gebildet werden, ist nur für die durch ektodermotrope Erreger hervorgerufenen Krankheiten berechtigt. *(Hofmann).*

Burthenshaw (1938) bestätigt in neuester Zeit durch seine Untersuchung die Ergebnisse *Colebrooks, Arnolds, Cornbleets* und anderer amerikanischer Autoren. Neben seinen Versuchen auf normaler lebender Haut benutzte er als Kontrolloberflächen Glas, Gummi und tote Haut. Er ordnet die keimtötende Wirkung verschiedener Oberflächen in folgender absteigender Reihe: Haut der Handflächen, Schürzengummi, Glas, Haut der Fingerspitze, Unterarm, Tote Haut, Condomgummi. Daß die Abnahme höher bei Glas als bei toter Haut oder Condomgummi ist, sei vielleicht dadurch erklärlich, daß die feuchtere Oberfläche der Haut oder des Gummis gänzliches Eintrocknen verhindere. Die hohe keimtötende Wirkung von Schürzengummi führt er auf giftige Bestandteile und dessen körnige Oberfläche zurück. Er gibt an, daß gewisse Körperstellen durch stärkere selbstdesinfizierende Kraft gegenüber Streptokokken ausgezeichnet seien, was *Colebrooks* Ansicht bestätige, daß bestimmte Hautstellen stärkere spezifische Eigenschaften besässen. Diese Wirkung sei ausschlaggebend, wenn auch der eintretende Trocknungsprozeß einen gewissen Einfluß auf die Bakterienabnahme habe.

Er teilt auch die Ansicht *Arnolds*, daß die Desinfektionskraft bei großen Bakterienmengen nicht so hoch sei wie einer kleinen Bakterienzahl gegenüber. Durch seine Untersuchungen beweist er,

daß gelbe Staphylokokken länger lebensfähig bleiben wie Streptokokken, da sie nicht so schnell den Einflüssen der Umgebung erliegen. Er stellte eine deutliche Überlegenheit in der keimtötenden Wirkung der rechten über die linke Hand fest; allerdings führte er alle Versuche an sich selbst aus. Er weist auf die verschiedenartigen Einflüsse bei der Bakterienabnahme hin, ohne den ernsten Versuch, das Baktericidie-Problem zur Lösung zu bringen.

Aus dieser Literaturübersicht ergibt sich, daß es sich bei den Erklärungsversuchen der Hautbaktericidie um folgende Problemstellungen handelt:

Liegt eine spezifische *biologische Schutzfunktion* der Haut vor? Oder ist der wirksame Faktor die *saure Umkleidung* der Körperoberfläche? Oder handelt es sich im wesentlichen um *Trocknungsvorgänge?*

Die *Trocknungstheorie* wurde von *Norton und Novy* aufgestellt, aber von einer Anzahl anderer Autoren zu widerlegen versucht.

Die *Säuretheorie* wird in den meisten Arbeiten anerkannt. Sie findet ihren eifrigsten Verfechter in *Marchionini,* der sich auf physikalische Untersuchungsmethoden stützt.

Auf eine spezifische *Schutzfunktion* der Epidermis wird häufig hingewiesen; besonders dann, wenn die baktericiden Vorgänge nicht experimentell erklärt werden konnten. Sie ist zu einem imaginären Begriff geworden.

4. Untersuchungsmethoden der Hautbaktericidie.

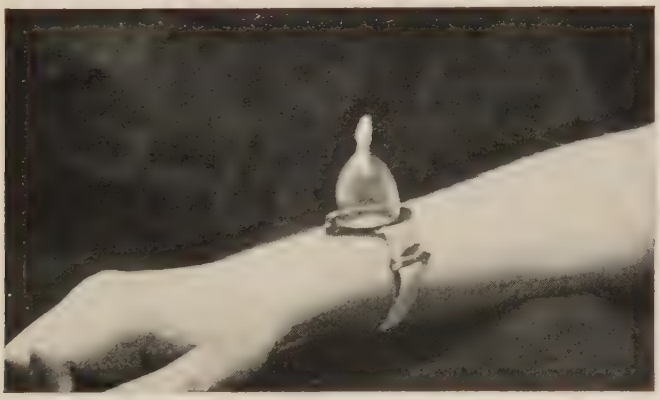
Eine große Anzahl Untersuchungen beschäftigt sich mit dem Bakteriengehalt der normalen Körperoberfläche oder mit ihrer selbstdesinfizierenden Wirkung. Die außerordentliche Verschiedenheit der dabei angewandten Methoden muß als Beweis angesehen werden für die Schwierigkeit, die Bakterien in einwandfreier Weise von der Haut aufzunehmen. Die verschiedenartigen Möglichkeiten hierbei scheinen die wesentlichste Ursache für die sich häufig widersprechenden Untersuchungsergebnisse zu sein.

Die am meisten angewandten Verfahren vermögen nur die am oberflächlichsten gelegenen Bakterien zu erfassen. Andere dagegen legen größeren Wert auf die in der Tiefe gelegenen Mikroorganismen. Sie eignen sich aber infolge ihrer zu starken Hautschädigung nicht zu fortlaufenden Untersuchungen am Lebenden. Es handelt sich immer um quantitative Untersuchungen, während über qualitative Veränderungen und Keimschädigungen noch niemals Versuche durchgeführt wurden.

Eingehende Schilderungen der verschiedenen Verfahren finden sich in *Hoegler's* Dissertation „Händereinigung, Händedesinfektion und Händeschutz", in *Hilger's* Abhandlung „Saprophytische und pathogene Bakterien der Haut" und in „Hautdesinfektionsprobleme" von *Ernst*. Aber keine dieser angeführten Methoden stellt eine befriedigende Lösung dar. Die Fehlerquellen sind zu groß, um exakte Untersuchungen durchführen zu können. Deshalb wird hier von einer kritischen Betrachtung der dort geschilderten Methoden abgesehen.

In neuerer Zeit wurde von *Marchionini* und *Schmidt* ein weiteres Verfahren angegeben, das aber auch keinen wesentlichen Fortschritt gegenüber den alten darstellt.

Eine Glasglocke mit Metallring und Gummiband wird auf der zu untersuchenden Hautstelle befestigt. (Abb. 1)



An der Spitze der Glocke befindet sich eine kleine Öffnung, die zur Beschickung und Entnahme des Materials dient. Zur *Untersuchung der normalen Bakterienflora* auf der Hautoberfläche wird das Hautareal mit 1 ccm Nährbrühe beschickt und nach 3 Min. Einwirkungszeit die ganze Flüssigkeit durch Umkippen der Glocke in sterilem Reagenzglas aufgefangen und mit flüssigem Agar zu Platten gegossen.

Diese Glockenmethode haben beide Autoren auch zum *Nachweis der Bakterienabwehr* des Säuremantels benutzt, dessen Funktion sie früher schon mit einem anderen Verfahren untersuchten. Sie verrieben eine Öse einer 24 stündigen Prodig.-Schrägagar-Kultur in 60 ccm physiol. Kochsalzlösung und brachten hiervon 0,3 ccm in 33 ccm Nährbrühe und beschickten die Glocke mit

1 ccm dieser Bakterienaufschwemmung. Jeweils nach 10 Min. wurde eine Öse der Brühe aus der Glasglocke entnommen, damit eine Agarplatte beimpft und mit sterilem Glasspatel gleichmäßig über die Platte verteilt.

Die *Vorzüge* ihrer Methode bestehen darin, daß sie am Lebenden angewandt werden kann und die natürlichen Verhältnisse der Bakterienflora auf der Hautoberfläche ohne irgend einen Eingriff erfaßt werden. Durch längere Verweildauer der Brühe auf der Haut sollen aus der Tiefe Keime in die Prüfflüssigkeit gelangen. Durch Abschluß der Glocke wird der Zutritt von Keimen aus der Luft verhindert, wodurch sich diese Technik eignet, den *normalen Keimgehalt* der Körperoberfläche zu ermitteln.

Dieses Verfahren ist aber *völlig ungeeignet* zur Untersuchung der baktericiden Wirkung der Körperoberfläche, wie ich an Hand von Vergleichsuntersuchungen zeigen werde. Die natürlichen Verhältnisse sind gestört, da gerade die wesentlichen exogenen Einflüsse ausgeschaltet werden. Durch Verdunsten der aufgebrachten Flüssigkeitsmenge entsteht in der Glocke eine feuchte Kammer, in der sich infolge Luftabschluß die Temperatur erhöht, wodurch ähnliche Verhältnisse wie in einem Brutschrank herrschen. Somit ist es nicht verwunderlich, wenn beide Autoren nach etwa 90 Min. eine stetige Zunahme der Keime in der Nährbrühe beobachten, da doch optimale Wachstumsbedingungen für sie in der Glocke bestehen. Infolge der Verdunstungsbehinderung ist die Keimverminderung gering und geht ausserordentlich langsam vor sich im Gegensatz zu allen anderen bisher veröffentlichten Arbeiten, bei denen die natürlichen Verhältnisse gewahrt blieben. Dann hat die angegebene Methode auch noch einige andere erhebliche Mängel. Wenn die Glocke dicht abgeschlossen sein soll, dann schneidet die Metallfassung in die Haut ein, die Flüssigkeit sammelt sich am Rande an, und in der Mitte befindet sich eine unbedeckte Wölbung; weiter wird auch die Durchblutungs- und Temperaturgröße der Haut verändert. Die Entnahmen mit der Öse sind sehr ungenau und die Werte schwanken außerordentlich.

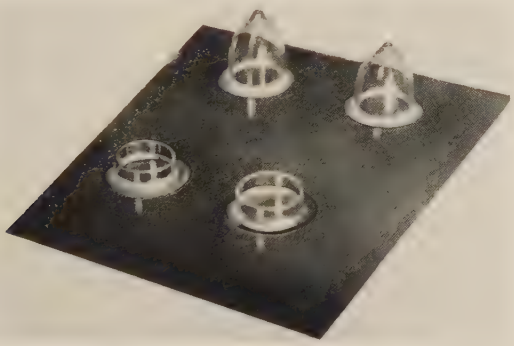
Diese Erwägungen wurden durch das Experiment im vollen Umfange bestätigt.

Die erste Versuchsreihe sollte mich mit der Technik der Glasglockenmethode vertraut machen. Sie wurde genau nach den Angaben *Marchionini's* durchgeführt. Die in Tabelle 1 angeführten Zahlen zeigen, wie sehr die Keimmengen schwanken, was in erster Linie auf die Entnahme mit der *Öse* zurückzuführen ist. Ich entschloß mich daher bei den folgenden Versuchen zur Anwendung von *Kapillarpipetten,* die zuverlässige Werte liefern.

Glasglocken auf dem Unterarm: Entnahme mit der Öse. Bact. Prod. Tab. I

sofort	15'	30'	45'	60'	75'	90'	105'	120'
322	277	266	198	373	208	296		
209	132	373	172	404	353	261	259	458
251	470	216	250	218	179	246		
24	5	2	13	82	230	144	250	101
2	64	153	21	185	99	152	87	154

Um die Wichtigkeit exogener Einflüsse auf die Bakterienabnahme unter Beweis zu stellen, führte ich folgenden Versuch durch. Mit Paraffin klebte ich Glasglocken und Ringe auf eine vorher mit Alkohol und Äther gründlich gereinigte Glasplatte (Abb. 2).



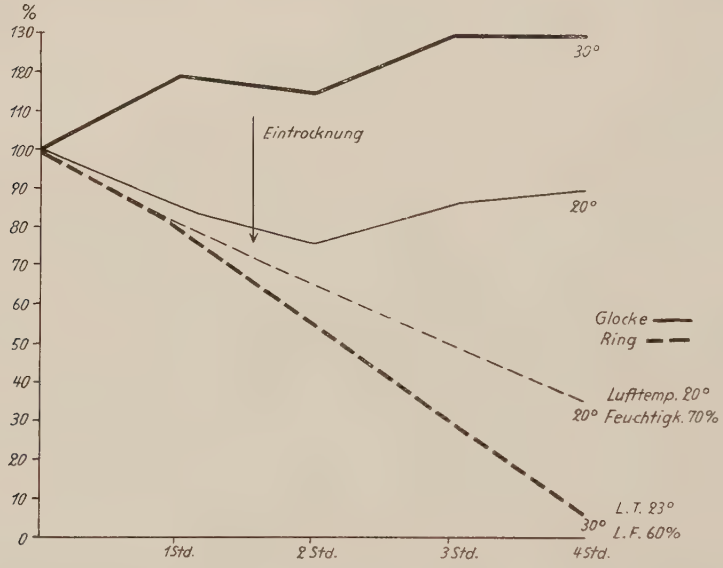
In Glocke und Ring wurden je 1 ccm alkalische Brühe gegeben. 1/4 Stunde danach – um in der Glocke erst die Raumluft mit Feuchtigkeit zu sättigen – wurden 3 Tropfen aus Kapillarpipetten hineingegeben (Kochsalzabschwemmung 0.85% von zwei 48 stündigen Prod. Schrägagar-Kulturen, Verdünnung 1 : 20 000). Da ein Verdunsten in der Glocke ausgeschlossen ist, kann man aus dieser „feuchten Kammer" 4 Stunden lang genügend Flüssigkeit entnehmen, während im offenen Glasring nach einer Stunde die alkalische Brühe schon zum größten Teil verdampft ist. Nach den verschiedenen Versuchszeiten wird die Flüssigkeit durch Schütteln der Glasplatte herumgeschwemmt, dann mit Kapillarpipetten entnommen und 5 Tropfen zur Platte gegossen; der Rest wird wieder zurückgegeben. In den offenen Glasringen wurde nach 4 Stunden 1/2 ccm steriles Leitungswasser hinzugegeben, mit einen Glasspatel gerieben und so die vorhandenen Keime abge

schwemmt. Hiervon wurden ebenfalls je 5 Tropfen zu Agar gegossen. Aus je 3 Platten ist der Durchschnitt angegeben.

Lufttemperatur 20°, Luftfeuchte 70%, Temperatur der Glasplatte 20°.

Das starke Abweichen der Keimabnahme in Glocke und Ring kann nur auf die verschiedenen Verdunstungsbedingungen zurückgeführt werden. (Vergleichskurven 1).

Kurve I *Glocke u. Ring auf Glasplatte bei versch. Temperaturen*



In einer späteren Versuchsreihe wurde, um den Verhältnissen auf der Haut näher zu kommen, die Glasplatte auf eine Temperatur von 30° gebracht. (Lufttemperatur 23°, Feuchte 60%). (Vergleichskurven 1).

Hier zeigt sich noch eindringlicher, daß die Abnahme Hand in Hand mit der Verdunstung geht, die durch höhere Temperatur der Unterlage noch beschleunigt wird. Bei Hauttemperatur ergibt sich ein stetiges Anwachsen der Keimzahl in der Glocke. Auffallend ist aber die Tatsache, daß die Keime trotz vollständiger Eintrocknung in den Ringen nicht in stärkerem Maße verschwinden, was wohl darauf zurückzuführen ist, daß sich die Bestandteile der Brühe absetzen und so eine vollständige Ein- und Antrocknung nicht ermöglichen.

Dann verglich ich das Verhalten von Prodigiosum-Keimen in der Glasglocke am Unterarm und im Reagenzglas. Gleiche Bak-

terienmengen wurden in je 1 ccm alkalische Brühe gegeben, davon jeweils ein Tropfen zur Platte gegossen. Die Reagenzgläser wurden verschlossen im Brutschrank bei 30° Temperatur aufbewahrt. Tabelle 2 veranschaulicht das gleiche Verhalten der Keime in Glasglocke und Reagenzglas infolge der ähnlichen Wachstumsbedingungen.

Tab. 2 *Bakt. Prod. in*

	Glasglocke auf Unterarm				*im Reagenzglas*			
	sofort	1 Std.	2 Std.	3 Std.	sofort	1 Std.	2 Std.	3 Std.
1	307	157	185	231	306	377	205	198
2	322	206	352	297	335	198	197	221
3	352	427	226	209	339	315	215	203

Dagegen hat sich die „Glasglocken"-Methode zur Untersuchung des normalen Keimgehaltes auf der Hautoberfläche als geeignet erwiesen. Genau nach der angegebenen Technik wurde sie mit der „Glasring"-Methode verglichen. In Tabelle 3 sind benachbarte Körperstellen auf ihren normalen Keimgehalt untersucht und dabei eine wesentliche Übereinstimmung der Werte festgestellt worden.

Bestimmung des normalen Keimgehaltes der Körperoberfläche Tab. 3

	Handrücken	Unterarm	Handinnenfläche
mit Glasringmethode	285 415	45 40 220	1100 1345
mit Glockenmethode	300 330	40 50 120	1670 1280

Ende 1938 wurde von *Burthenshaw* eine neue Technik angegeben, die der meinigen, mit der ich seit März 1938 arbeitete, im Prinzip gleicht. Sie stellt von allen bisher angewandten Verfahren das brauchbarste dar. Er lehnt ebenfalls als unzuverlässig die Methoden hauptsächlich amerikanischer Autoren ab, die darin bestehen, die auf die Haut gebrachten Bakterien mit Hilfe eines in Brühe getränkten Wattebausches oder Tupfers abzureiben und nachher in Brühe auszuwaschen oder auf der Oberfläche von Agarplatten abzureiben.

Zur Prüfung der Desinfektionskraft zweier Oberflächen wird eine Kochsalzabschwemmung mit einer annähernd bekannten Bakterienzahl aufgebracht. Diese Bakteriensuspension ist der Verdunstung ausgesetzt und etwa nach 5 Min., d. h. nach Verschwinden der sichtbaren Feuchtigkeit - wird die übrig gebliebene Bakterienmenge abgeschwemmt und ihre Zahl bestimmt. Nach einem längeren Zeitraum (1 bis 2 Stunden) werden die Organismen der anderen Fläche in gleicher Weise abgewaschen und gezählt.

Bei späteren Versuchen schwemmte er Bakterien mit Aqua dest. ab, um bei Wasserentzug die Steigerung des osmotischen Druckes zu vermeiden, wie es bei Verdunsten einer Salzlösung der

Fall ist. Allerdings konnte er einen solchen Einfluß nicht feststellen. Meist wurde eine Bakterienverdünnung von 500 Millionen im ccm angewandt.

Die Haut wurde vorbereitet durch sorgfältiges Waschen mit warmen Wasser und Seife unter leichtem Bürsten. Die zu untersuchende Hautfläche markierte er durch einen festaufgepreßten Metalltubus bestimmten Flächeninhaltes. Da der dabei entstehende Eindruck bald verschwindet, wurde er mit Hautstiftpunkten markiert. 0,025 ccm der Keimaufschwemmung pipettierte er auf die Hautfläche, wo er sie mit einer Platinöse verteilte.

Zur Abnahme von den Fingern benutzte er ein Glasgefäß, in das der Finger getaucht wurde. Dieses Gefäß war mit einer bestimmten Menge Kochsalzlösung (20 ccm) gefüllt. Dort wurden die Bakterien mit einem Glasschaber von der Oberfläche geschabt. Hiervon impfte er 0,31 ccm ($^1/_{64}$ Teil) auf eine Blutagarplatte. Das Testmaterial bestand aus Staphylo- und Streptokokken.

Für Handteller und Unterarm wandte er folgende Methode an:

Ein Glaszylinder in Metallfassung wurde mit Hilfe eines elastischen Bandes befestigt. In die so begrenzte Hautfläche wurden 2 ccm Lösung hineinpipettiert und verteilt. Die 2 ccm zog er dann wieder mit der Pipette auf und gab sie in steriles Reagenzglas. Diese Abnahme wurde mit weiteren 2 ccm wiederholt, und der Glaszylinder mit weiteren 2 ccm abgeschwemmt. Von diesen 6 ccm wurden 0,19 ($^1/_{32}$. Teil) auf Blutagar gebracht. Am Anfang und Ende jedes Experimentes bestimmte er die Anzahl der lebenden Keime in 0,025 ccm der in Gebrauch befindlichen Aufschwemmung.

Die von ihm angegebenen Methoden eignen sich immer nur für bestimmte Körperstellen. Sie kommen deshalb nicht in Frage zu vergleichenden Untersuchungen verschiedener Hautregionen. Die Vorbereitung mit Wasser und Seife ist fehlerhaft, da sie die normalen physiologischen Verhältnisse der Oberhaut verändert. Einfaches Abschwemmen wird die mechanisch haftenden Keime nicht entfernen können.

Vor der Veröffentlichung dieser Versuche führte ich bereits Untersuchungen mit einer anderen neuen Methode durch. Auch ich hatte die gebräuchlichen Verfahren wegen ihrer Unbrauchbarkeit verlassen und mich einer neuen Technik zugewandt.

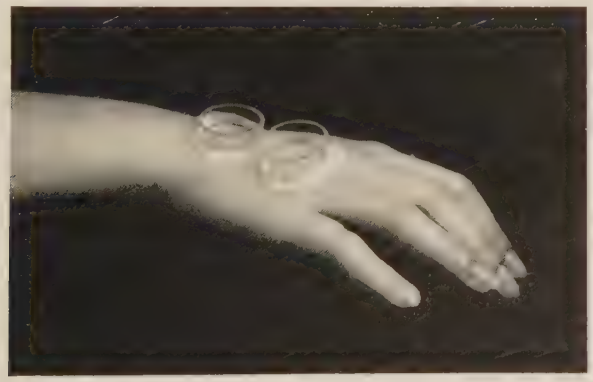
5. Die Glasringmethode.

Zum Versuch wurde die normale menschliche „Tageshaut" genommen, wobei unter „normal" verstanden wird, daß sie ohne sichtbare äussere Veränderungen ist. Versuchspersonen waren gesunde Frauen und Männer im Alter von 18 bis 30 Jahren. Da bei Frauen nach *Virginia Fisher* der Menstruationszyklus von Ein-

fluß auf die Hautbaktericidie sein soll, wurden die Versuche nur im Intermenstruum durchgeführt. Die Versuchspersonen ernährten sich ausschließlich mit gemischter Kost, da nach amerikanischen Angaben eine einseitige „Ketogenik-Diät" ebenso wie stärkerer Alkoholgenuß erhöhte Baktericidie herbeiführen soll. Eine vorherige Reinigung der zu untersuchenden Hautstelle mit Wasser und Seife wurde vermieden, um die Oberflächenfeuchte und -Reaktion nicht zu verändern. Die meisten Untersuchungen wurden auf dem Handrücken ausgeführt, da er sich durch hohe Baktericidie auszeichnet und für Untersuchungen am leichtesten zugängig ist. Ich wählte nur solche Hände, die nicht mit Desinfektionsmitteln in Berührung gekommen waren, da noch etwa vorhandene Spuren hiervon das Ergebnis beeinflussen könnten, oder auch häufige Desinfektion die normale selbstdesinfizierende Wirkung verändern könne. Die Untersuchungen wurden alle im diffusen Tageslicht unter Vermeidung direkter Sonnenbestrahlung durchgeführt.

Die eigentliche Untersuchsmethode.

Ein Tropfen einer Kochsalzabschwemmung von zwei 48 stdg. Prodig. Schrägagar-Kulturen, bei 22° gezüchtet, wird mit sterilem Leitungswasser 20 000 fach verdünnt. Hiervon werden mit einer geeichten Kapillarpipette 3 Tropfen in einen Glasring von 25 mm Durchmesser gegeben, der vorher mit Paraffin auf eine ebene Hautfläche geklebt worden war. (Abb. 3).



Mit Hilfe eines dünnen Glasspatels, der aus Glaskapillaren frisch ausgezogen und über der Flamme hakenartig gebogen worden ist, werden sie innerhalb von 15 Sek. gleichmäßig über die Oberfläche verteilt. Nach der jeweiligen Versuchszeit wird mit einer 1 ccm Pipette $^1/_2$ ccm steriles Leitungswasser zur Abnahme in den Glasring gegeben, 15 Sek. mit einem Glasspatel auf der Haut unter

kräftigem Druck gerieben, dann die gesamte Flüssigkeit mit einer Kapillarpipette aufgesaugt und hiervon nach Ablassen einiger Tropfen je 5 Tropfen mit flüssigem Agar von pH 7,6 bis 7,8 zur Platte gegossen. (Um einen genaueren Durchschnitt zu erhalten, wurden immer 3 Platten hergestellt). In die Petrischale werden vorher je 2 Tropfen steriles Leitungswasser gegeben, um eine Antrocknung zu verhindern. Nach 48 stündiger Bebrütung bei 22 Grad erfolgt die Keimzählung mit *Heim's* Zählokular, bei Werten unter 500 wird die Zählung makroskopisch durch Markieren durchgeführt. Zur Anwendung gelangen bei einem Versuch nur Pipetten mit gleicher Eichzahl.

Zur Untersuchung der *normalen Keimflora* wird $^1/_2$ ccm steriles Leitungswasser in den Ring gegeben, dann 15 Sek. mit dem Spatel gerieben, die gesamte Flüssigkeit mit der Kapillarpipette aufgesaugt und davon 5 Tropfen mit 3% Agar zur Platte gegossen. Die Bebrütung erfolgt 24 Stunden lang bei 37°.

Diese Methode ist bei der Untersuchung der normalen Keimflora der Körperoberfläche nicht ganz einwandfrei, da dabei auch noch die Luftkeime während der etwa 20 Sek. dauernden Abnahmezeit hinzukommen.

Die *Vorteile* meiner Methode gegenüber allen bisher angewandten Verfahren sind zahlreich. Sie eignet sich zu vergleichenden Untersuchungen am Lebenden. Die normalen Verhältnisse bleiben gewahrt, da die *natürlichen klimatischen Einflüsse* bestehen bleiben. Der Ring sitzt der Hautoberfläche ohne Druck auf. Die geeichten Kapillarpipetten ermöglichen eine sehr genaue Bestimmung der auf die Haut gebrachten Keimmenge. Sie läßt sich berechnen nach der Formel:

$$\text{Bakterienmenge} = \frac{\text{Anzahl d. Keime in einem Pipettentropfen} \times 3 \times 5}{\text{Anzahl d. Pipettentropfen auf } ^1/_2\text{g (Eichzahl)} + 3}$$

Beispiel: Ein Tropfen aus Kapillarpipette enthält 16 864 Keime. Anzahl der Tropfen pro $^1/_2$ g ($^1/_2$ ccm Wasser) = 23.

$$\frac{16864 \times 3 \times 5}{23 + 3} = 9729$$

Durch sofortige Abnahme von der Haut läßt sich bestimmen, welche Anzahl Mikroorganismen sofort nach gleichmäßiger Verteilung von der Oberhaut verschluckt werden. Somit stellt meine Methode eine wesentliche Verbesserung gegenüber den früher angewandten Verfahren dar, bei denen die aufgebrachte Bakterienmenge unbekannt war, und die die bei sofortiger Abnahme noch erreichbare Bakterienzahl als Ausgangsmenge (100%) betrachteten. Durch Abreiben mit dem Glasspatel wird mon auch die tiefer in die Haut eingedrungenen Mikroorganismen noch erreichen können,

auf die die früher angewandten Oberflächenmethoden verzichten mußten.

Wie aus den Untersuchungen von *Hoegler*, *Noguchi* u. a. hervorgeht, haften die Keime nur an den oberflächlichen Hautschichten und dringen höchstens unter die abgelösten Epidermisschuppen. Auch bei leichtem Reiben gelangen sie nie tiefer als in die zweite Schraubenwindung der Schweißdrüsengänge hinein. Somit wird man durch Reiben mit dem Glasspatel auf der Hautoberfläche die Bakterien zum großen Teil in die aufgegebene Flüssigkeitsschicht ausschwemmen. Die an Glasspatel und Ring hängenbleibenden Bakterien sind, wie eine Versuchsreihe bewies, prozentual so gering, daß sie vernachlässigt werden können. Sie blieben immer unter 1%. Bei den offenen Glasringen besteht natürlich eine dauernde Verunreinigungsmöglichkeit durch die Luftkeime. Es kam mir aber bei den Versuchen darauf an, die klimatisch-physikalische Einwirkung der umgebenden Luft aufrecht zu erhalten, was mit allen bisherigen Methoden nicht einwandfrei durchführbar war. Selbstverständlich wurde bei allen Versuchen unter sterilen Cautelen vorgegangen.

6. *Vorversuche.*

Die Vorversuche hatten das Ziel, die neue Untersuchungsmethode zuverlässig auszubauen. Es seien nur einige angeführt und an Hand von Kurven demonstriert.

1. Um die Tropfengröße der Kapillarpipetten und damit die Keimzahl möglichst gleichmäßig zu gestalten, eichte ich sie darnach, wieviel Tropfen Leitungswasser bei 22° Temperatur aus der Kapillarpipette $\frac{1}{2}$ g wogen. Dann wurde der Keimgehalt in 100 Tropfen einer Kochsalzabschwemmung aus verschiedenen Pipetten mit der gleichen Eichzahl bestimmt. Es zeigten sich nur geringe Schwankungen. Die Zahlen wichen vom Mittelwert + 7,7 − 6,6 ab. Eine gleichzeitige Kontrolle mit 1 ccm Pipetten ergab eine durchschnittliche Abweichung + 7,7 − 9,8. Die gleichen exakten Werte stellten *Knorr* und *Ruf* bei zahlreichen ähnlichen Untersuchungen fest. Zur Anwendung dieser Pipetten gehört einige Übung, sie müssen gleichmäßig saugen und beim Abtropfen im gleichen Winkel gehalten werden.

2. Es wurde die Flüssigkeitsmenge geprüft, die zum Versuch am geeignetsten ist. Größere Mengen verzögerten infolge der später beginnenden Eintrocknung die Keimabnahme, der steile Abfall der Absterbekurve trat erst nach längeren Versuchszeiten ein. Bei diesen kleinen Flüssigkeitsmengen und angewandten Verdünnungen brauchen die Abnahmezeiten nicht länger wie 30 Min. gewählt zu werden, da in dieser Zeit über 90% der aufgebrachten Keime vernichtet werden.

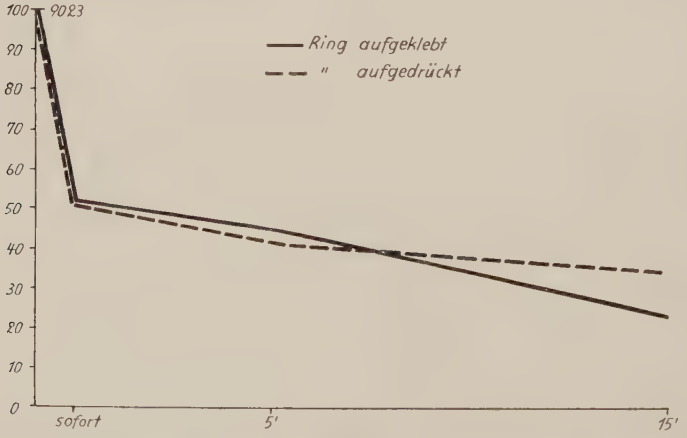
3. Eine weitere Versuchsreihe galt der zweckmäßigsten Bakterienverdünnung. Die Verdünnung 1 : 20 000 (1 Tropfen einer 1 ccm Pipette 20 000 fach verdünnt) erwies sich bei Bact. Prodig. am günstigsten. Die Keimzahlen verhielten sich ziemlich konstant, waren bequem auszählbar und für lange Versuchszeiten auch nicht zu klein. Sie wurde deshalb bei allen Versuchen beibehalten. Alle Verdünnungen wurden mit sterilisiertem Leitungswasser ausgeführt, um osmotische Einwirkungen, wie sie beim Verdunsten von Kochsalzlösungen auf der Hautoberfläche möglich sind, zu vermeiden.

4. Es wurde festgestellt, ob die Bakterien im sterilisierten Leitungswasser sich über längere Zeit in gleicher Anzahl erhalten. Es zeigte sich bei Bact. prodig., bei später benutzten Hautkokken und Bact. coli comm. nach 3 Stunden keine Abnahme, wie je 10 Kontrollen erwiesen.

5. Eine Versuchsreihe führte vor Augen, daß es nicht gleichgültig ist, ob der Ring lose der Hautoberfläche aufsitzt oder z. B. durch Gummizug in die Haut gepreßt wird.

Bei Eindrücken sammelt sich die Flüssigkeit am Glasring an, während in der Arealmitte eine unbedeckte Kuppe herausragt. Folglich kann hier infolge kleinerer Oberfläche und größerer Schichtdicke die Verdunstung eine geringere Rolle spielen.

Kurven zum Vorversuch V (Je 9 Vers.) Bact.-Prod.

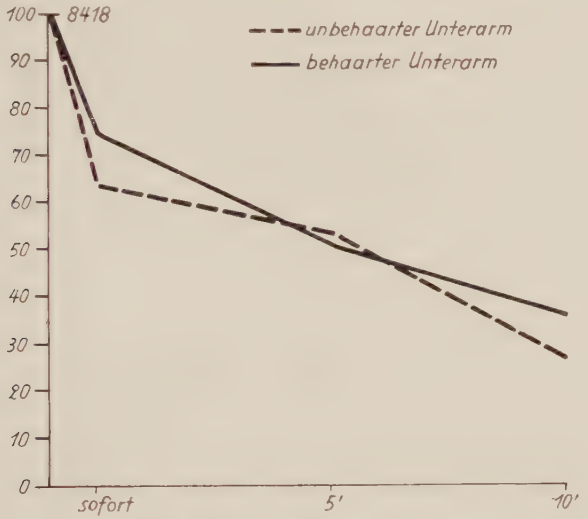


Hier waren Lufttemp. u. Feuchte noch nicht gemessen worden

6. Es wurde noch geprüft, ob verschieden dichte Behaarung der Untersuchungspersonen eine Schwankung der Ergebnisse herbeiführen könne. Zu diesem Zweck wurde die eine Unterarmaussenseite mit der Schere enthaart und mit der normalen anderen Extremität verglichen. Die wiedererhaltenen Keimmengen sind etwas größer an behaarten Stellen, da bei sofortiger Abnahme von

den Haaren Bakterien leichter zu entfernen sind und nach längerer Versuchsdauer die Verdunstungsbehinderung die Mikroorganismen vor Vernichtung bewahrt. Da die Unterschiede aber nicht groß sind, wurde eine Enthaarung bei Vergleichsuntersuchungen auf dem Handrücken und unteren Unterarm unterlassen.

Kurve zum Vorversuch VI (Je 5 Vers.) Bakt.-Prod.



Temp. und Luftfeuchte wurden noch nicht bestimmt

7. Säurekonzentration und Bakterienschutz.

Die am meisten verbreitete Auffassung über die Ursache der Hautbaktericidie ist die saure Oberhautreaktion. Wie schon erwähnt wurde, wird diese Ansicht neben *Süssmann* und einigen amerikanischen Autoren besonders von *Marchionini* und seinen Mitarbeitern vertreten. M. benutzte zum Nachweis eine besonders konstruierte Epikutan-Elektrode und fand auf der normalen Körperoberfläche Werte, die zwischen pH 5 und 3 lagen. Diese starken Säurereaktionen führte er in erster Linie auf die Verdunstungsrückstände ekkrinen Schweißes zurück. Bei fortschreitender Verdunstung steige der Säuregrad, da bei Körpertemperatur die im Schweiß enthaltenen Säuren weniger flüchtig wie Wasser seien. Diese Säureschicht durchtränke, soweit es das Hautfett zulasse, das Epithel. pH 5 bis 3 führe aber nur eine Schädigung der Wachstumsvorgänge durch Toxinbildung herbei, töte dagegen die Keime nicht ab.

An Körperstellen, an denen apokrine Schweißdrüsen ihr schwach-sauer-alkalisch reagierendes Sekret absondern oder an denen die Verdunstung behindert ist, z. B. Achselhöhle, Genital- und Analgegend, Interdigitalpartien der Füße -

werde der Säuremantel durchbrochen. Diese Stellen bezeichnete er als die „physiologischen Lücken des Säuremantels". Die Mittelwerte schwankten hier in der Hauptsache zwischen pH 6 und 7. Hier böten sich den Keimen infolge der günstigen chemisch-physikalischen Reaktion bessere Wachstumsbedingungen. Da die Ausbildung der apokrinen Schweißdrüsen erst in der Pubertät erfolgt, findet er bei Kindern andere Verhältnisse vor. Die in der Achselhöhle gefundenen Werte entsprechen den ekkrin versorgten Hautstellen Erwachsener. *Marchionini* stellt weiter fest, daß apokriner Schweiß beim Verdunsten im Gegensatz zu ekkrinem Schweiß ausgesprochen alkalische Reaktion annimmt. Neben diesen topographischen Verschiedenheiten der pH-Konzentration schwanke in ähnlicher Weise der osmotische Druck und der Elektrolytgehalt. Seinen Angaben nach bestehen geringe Alters- und Geschlechtsunterschiede, bei Frauen temporär bedingt in Menstruation und Gravidität infolge häufiger Schweißausbrüche.

Vámos bestätigt die topographische Verschiedenheit der Säurewerte und den Zusammenhang der Lücken des Säuremantels mit apokrinen Schweißdrüsen und Verdunstungsbehinderung. Mit *Spanyvar* führte er die Messungen durch nach der Methode von *Schade* und *Claussen*. Im Gegensatz zu *Marchionini* waren die gefundenen Werte viel weniger sauer, sie schwankten zwischen pH 5,5 bis 7,0.

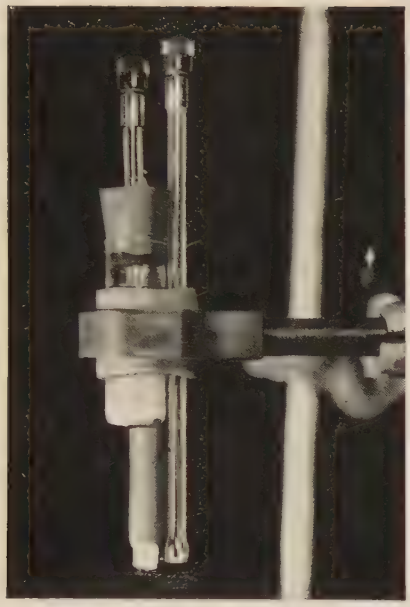
Herrmann und *Fürst* fanden mit dem heute auf diesem Gebiet allerdings nicht mehr benutzten Folienkolorimeter nach *Wulf* auf der Stirn 5,9, auf der Brust pH 5,3. Sie betonen, daß sie nicht feststellen konnten, daß die Hautacidität der Schweißverdunstung parallel gehe.

Lustig und *Perutz:* Die saure Hautreaktion soll in der Hauptsache durch die *Hornsubstanz* bedingt sein, da Entfernung der Schweiß- und Talgdrüsenprodukte durch Alkoholabreibung die pH-Konzentration nicht verändert habe.

Burckhardt hält die Oberhautreaktion für den spezifischen Ausdruck der *Epithelzell-Tätigkeit*.

Ich führte ebenfalls eine Anzahl Kontrollmessungen aus bei den später beschriebenen Hunde- und Kaninchenversuchen, die den Unterschied zwischen der an Schweißdrüsen reichen menschlichen Epidermis und der Oberhautreaktion bei Tieren, denen Schweißdrüsen oder ähnliche Gebilde fehlen, herausstellen sollten. Die von mir zur Bestimmung der H-Jonen Konzentration der Oberhaut angewandten *Epikutan-Elektrode* entspricht im Prinzip dem von *Marchionini* angewandten Verfahren.

An einem Halter sind Platinmeßelektrode und Calomelableitungselektrode befestigt (Abb. 4).



Die Messung selbst erfolgte mit einem Betriebsionometer der Fa. Lautenschläger München. Ich brachte eine möglichst dünne Aqua bidest. Schicht auf die zu untersuchende Hautstelle und versetzte bis zur Sättigung mit Chinhydron. Nach einer Einwirkungszeit von 3 Min. begann ich die Messung. In dieser Zeit haben sich die Oberflächensubstanzen in dem Spray gelöst. Es wurde der poröse Stift der Calomel-Elektrode und das Platinplättchen mit der Haut in innige Berührung gebracht. Der tiefste Wert stellte sich bald ein. Infolge Einsetzen der Trocknung war nach etwa 6 Min. die weitere Messung unmöglich. Gegenstand dieser Untersuchungen waren Handrücken und angrenzender Teil des Unterarms bei hautgesunden Männern und Frauen zwischen 18. und 30. Lebensjahr.

Die Werte, die sich hierbei ergaben, waren dem alkalischen Bereich viel näher als bei *Marchionini*. Die Grenzwerte schwankten zwischen pH 5,7 und 6,8, wobei der Mittelwert bei pH 6 lag. Diese Ergebnisse kommen denen von *Vámos* gleich. Meinem Empfinden nach sind die von *Marchionini* und einigen anderen Autoren angegebenen Säurewerte, die allein von der Schweißverdunstung herrühren sollen, zu hoch. Denn bei reinen ungepufferten Lösungen ergibt eine Konzentrationsänderung auf das Doppelte bezw. auf die Hälfte nur eine pH-Änderung von 0,2 bis 0,3, wobei bei einigermaßen gepufferten Lösungen diese Änderung noch erheblich kleiner

ist. Die von mir ausgeführten 30 Messungen sind allerdings in der Zahl zu gering, um eine Entscheidung zu treffen. Meine Untersuchungen sollten aber auch nicht zur Lösung dieser Frage führen, sondern nur den Unterschied zwischen der menschlichen Haut und der von Kaninchen und Hunden aufzeigen. (s. Seite 38).

In einer späteren Mitteilung ging *Marchionini* dazu über, die Bakterienabwehr des Säuremantels auch experimentell zu untersuchen. Mit *Schmidt* und *Kiefer* zusammen wurde anfänglich folgende Untersuchungstechnik angewandt. Die zu untersuchenden Hautstellen wurden in kleine gleichgroße Rechtecke eingeteilt, eine Öse einer 24 stündigen Prodig.-Schrägagar-Kultur in 30 ccm steriler Kochsalzlösung verrieben. Sie benetzten einen in Brühe kurz eingetauchten Stieltupfer mit dieser Bakterienaufschwemmung und betupften damit leicht die Hautoberfläche. Nach den jeweiligen Versuchszeiten wurde mit einem ebenfalls in Brühe getauchten Tupfer unter gleichem Druck die Fläche abgerieben und damit eine Agarplatte beimpft und mit sterilem Spatel gleichmäßig verteilt.

Wie aus der Besprechung der einzelnen Untersuchungsmethoden hervorgeht, ist diese Technik wenig geeignet. Mit dieser Methode suchten sie das Bestehen einer Säurewirkung im bakteriologischen Experiment festzustellen. Die Autoren beobachteten in der Achselhöhle ein wesentlich langsameres Verschwinden der aufgebrachten Prodig.-Keime als auf der Unterarminnenseite. Dagegen verhielt sich bei Kindern die Achselhöhle etwa wie der Unterarm. An Stellen größerer Säurekonzentration fielen ihnen Schwankungen in der Baktericidie auf, die besonders an heißen schwülen Tagen infolge von Schweißausbrüchen aufgetreten seien. Sie führten auf die vorübergehende Schweißvermehrung während des Versuchsablaufs eine zeitweilige Verdünnung der sauren Oberflächenreaktion zurück. Sie kamen zu dem Schluß, die Unterschiede in der Hautbaktericidie würden auch noch durch zusätzliche Bedingungen herbeigeführt, wobei ungleichmäßige Beschaffenheit der Oberfläche, Lichtwirkung, Austrocknung, Lysine, Inhibine eine Rolle spielten.

Als Beweis ihrer Feststellungen führen sie jeweils einen charakteristischen Versuchsablauf an. Aber bei den Schwankungen biologischer Versuche können nur aus Durchschnittszahlen größerer Versuchsreihen Schlüsse gezogen werden. Am Schluß ihrer Abhandlung führen sie noch einige klinische Beispiele an.

In der dritten Mitteilung 1938 heben *Marchionini* und *Schmidt* hervor, daß die physiologischen Lücken auch durch größere Feuchtigkeit und Mazeration ausgezeichnet sind, also Faktoren, die ebenfalls die Anwesenheit von Bakterien begünstigen. Als Beweisführung für ihre These führen sie eine charakteristische Kurve

der normalen Baktericidie an, wo nach langsamer Keimabnahme nach 90 Min. wieder ein Anstieg der Keimzahl erfolgt. Diese Erscheinung führen sie darauf zurück, daß in der Zwischenzeit die schwach alkalische Reaktion der Nährbrühe die Säurewirkung der Haut weitgehend aufgehoben habe.

Meiner Ansicht nach müßte eine Neutralisation viel schneller eintreten. Es ist kaum denkbar, daß die in geringer Menge vorhandenen sauren Oberhautbestandteile erst die alkalische Brühe ansäuern. Wie wäre aber sonst die Abnahme zu erklären, da die Keime doch in die Brühe gegeben werden? Die Bakterien senken sich langsam zu Boden und kommen somit in eine Grenzschicht, deren Reaktion zummindest weniger sauer ist wie die der normalen Hautoberfläche.

Als weiteren Beweis führen sie an, daß nach einem Schwitzbad infolge Verdunstung sich der Säuremantel verstärke. Wieder wird ein charakteristischer Versuchsablauf geschildert. Auffallend zum Vergleichsversuch ist, daß der Ablauf sehr verzögert ist. Die Keimzahl nimmt wohl etwas stärker ab, dafür ist aber auch die Ausgangsmenge geringer.

Es ist eine häufig angeführte Tatsache, daß bei heftigem Schwitzen die Acidität des Schweißes sehr bald abnimmt und schließlich alkalische Werte erreicht. Dann müßte ein Schwitzbad eigentlich viel geringere Säurewerte zur Folge haben wie auf der normalen Hautoberfläche vorhanden sind. Nach Schweißbildung kommt es in dem Maße wie die Sekretion nachläßt, zu einer Zunahme der pH-Jonen-Konzentration; doch werden die Ausgangswerte nicht mehr erreicht.

An Hand verschiedener Beispiele wurde bei der Besprechung der Glasglockenmethode gezeigt, daß diese Untersuchungstechnik nicht den normalen Verhältnissen gerecht wird und daß sie gerade an den wesentlichsten, die Baktericidie bedingenden Einflüssen, vorbeigeht. Diese Feststellung ist bei der Bewertung ihrer Ergebnisse zu berücksichtigen.

a) pH-Lösungen verschiedener Konzentration.

Zur Frage, ob bestimmte pH Werte eine Vernichtung von Bakterien herbeiführen, äußern sich eine Reihe Autoren.

Kossel (1898) führt bei seinen Untersuchungen über die starke baktericide Wirkung der Nuclein-Säuren an, daß das Absterben nicht durch die saure Lösung hervorgerufen werden könne, wie er durch Kontrollversuche mit anderen organischen Säuren nachwies.

Avery und *Cullen* (1919) und *Dernby* 1935 geben bei Streptococcus pyogenes einen beschränkten Wachstumsbereich an. (pH 5,5 bis 8,0).

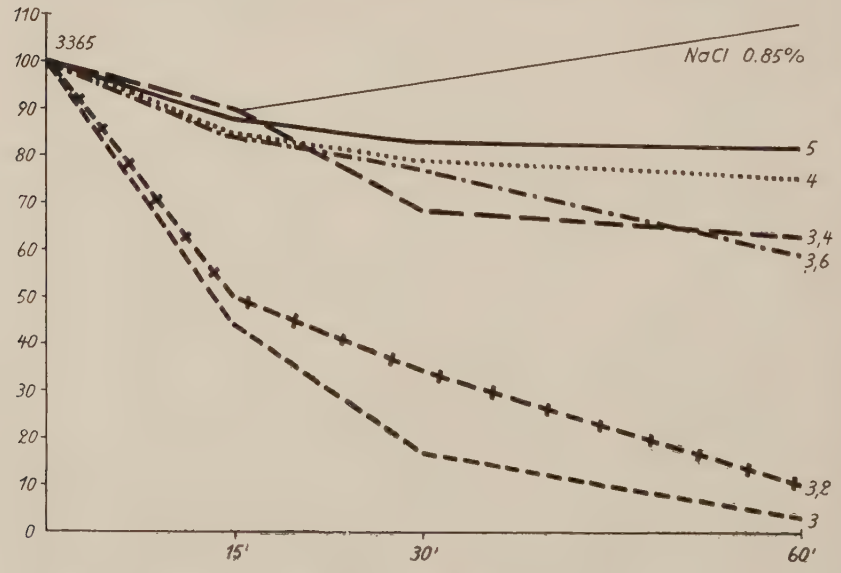
Scheer (1919) berichtet, daß Bact. coli innerhalb 24 Std. durch pH-Jonenkonzentration von 4,6 abgetötet werde.

Hall und *Fraser* (1921) sahen Staphylococcus aureus in einem Medium von pH 2,6 bis 10,0 wachsen.

Da über die Baktericidie von Säurewerten die Ansichten noch uneinheitlich sind, stellte ich Lösungen von bestimmter Wasserstoffionenkonzentration nach *Kordatzki* her. Ich benutzte dazu die gebräuchlichen Pufferlösungen von *Sörensen* mit folgenden Stammlösungen: n/10 Salzsäure und eine Lösung von 21,008 g Zitronensäure in 200 ccm n/Natronlauge auf 1 Liter aufgefüllt. Mit diesen Lösungen stellte ich titrimetrisch Konzentrationen von pH 5 bis 3 her. Diese Werte wurden nochmals durch ein Universalpotentiometer nachgeprüft. Die Lösungen wurden während der Versuchsdauer konstant auf der Temperatur von 35° gehalten.

In je 2 ccm der angesetzten Lösungen in sterilem Blockschälchen gab ich drei Tropfen einer bestimmten Aufschwemmung von Bact. Prodig. mit Kapillarpipette. Nach der jeweiligen Versuchszeit wurden 15 Tropfen entnommen und je 5 Tropfen mit Agar gemischt. Nach 48stündiger Bebrütung bei 22° erfolgte Auszählung. (Vergleichskurve 4),

Vergleichskurven IV *Bakt.-Prod. bei verschiedenen pH nach Sörensen (Je 2 Vers.)*



Aus den Kurven ist ersichtlich, daß eine Abnahme nur zwischen pH 3 und pH 4 erfolgt, wobei zwischen pH 3,6 bis 3 die Keim-

abnahme etwa der der Hautoberfläche entspricht. Da aber nur in seltenen Fällen eine so starke Säurung und zwar erst nach stärkerem Verdunsten der aufgegebenen Flüssigkeit erreicht wird, ist eine wesentliche baktericide Wirkung auf dieser Grundlage nicht zu erwarten.

Dies veranschaulicht auch ein weiterer Versuch.

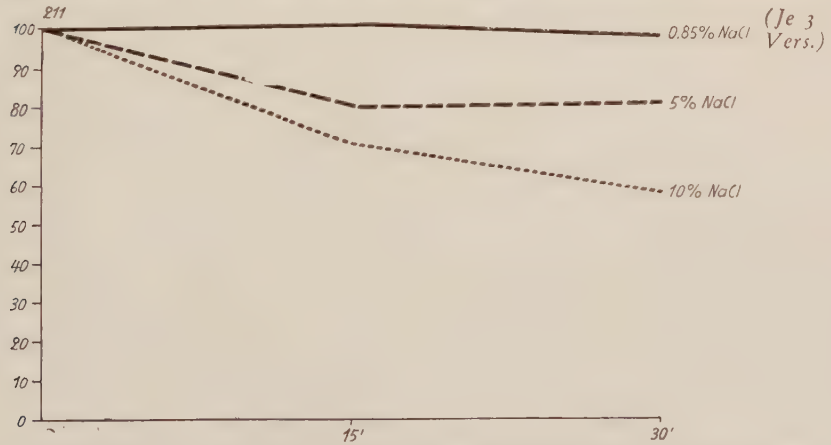
Je ein Tropfen dieser oben angegeben steigenden pH-Werte wurde auf eine mit Prodigiosum frisch bespatelte Platte gegeben. Nach 48 stündiger Bebrütung zeigte sich folgendes: pH-Werte von 3 bis 3,8 ergaben eine vollkommene Aufhebung des Wachstums, nach weiteren 48 Stunden Bebrütung waren kleine Kolonien sichtbar.

Bei den Werten pH 4 bis 4,5 war ebenfalls eine deutlich sichtbare Wachstumshemmung zu beobachten gegenüber dem übrigen üppigen Bakterienrasen.

Weiter war die Frage wesentlich, ob nicht bei der Baktericidie *osmotische Einflüsse* beteiligt sind. Zur Beantwortung dieser Frage stellte ich Lösungen von verschiedener Kochsalzkonzentration her, gab davon je 2 ccm in sterile Blockschälchen, dazu mit Kapillarpipetten 3 Tropfen Bakterienabschwemmung, Verdünnung 1 : 20 000. Die ganze Flüssigkeit wurde bei 35° Temperatur im Brutschrank aufbewahrt, jeweils wurden 5 Tropfen zu Agar gegossen.

Die osmotische Einwirkung auch höherer Konzentration vermag innerhalb der ersten halben Stunde nur eine geringe Keimabnahme herbeizuführen. (Vergleichskurve 5).

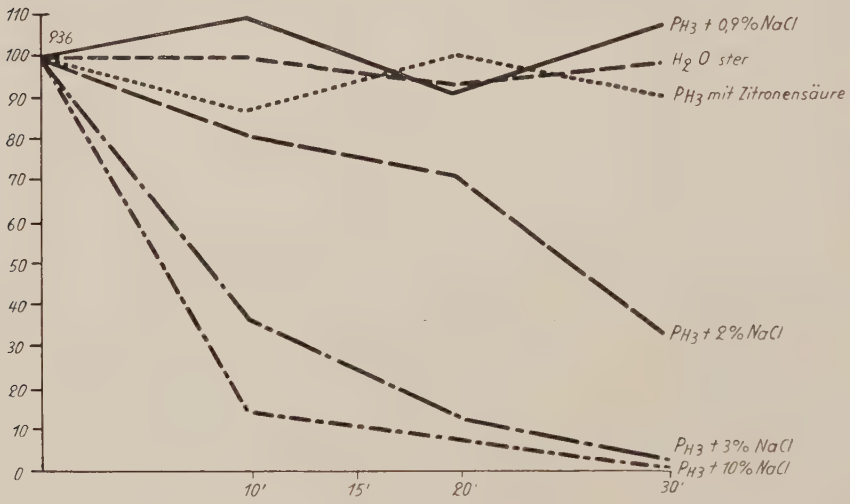
Vergleichskurven V *Bakt.-Prod. in Salzlösungen verschiedener Konzentration*



Weiterhin untersuchte ich die Wirksamkeit der kombinierten Säure- und osmotischen Einwirkung. Mit reiner Zitronensäure,

die ja bekanntlich eine schwache organische Säure darstellt, setzte ich den pH-Wert 3 an. Empirisch gefunden ergab 0,51 g Zitronensäure auf 1000 ccm aqua bidest. diese Säurereaktion. Durch Kochsalzzusatz wurde die Konzentration in verschiedener Weise geändert. Der Versuchsablauf erfolgte in der gleichen Weise wie oben angegeben. Wie sich aus Vergleichkurve 6, ergibt, wird die baktericide Kraft durch kombinierte Wirkung außerordentlich verstärkt, während die reine Säure und die Kochsalzlösung allein nur unwesentliche Wirkungen aufwiesen.

Vergleichskurve VI *Bakt.-Prod. in Lösungen von pH_3 mit NaCl-Zusatz (Je 4 V)*



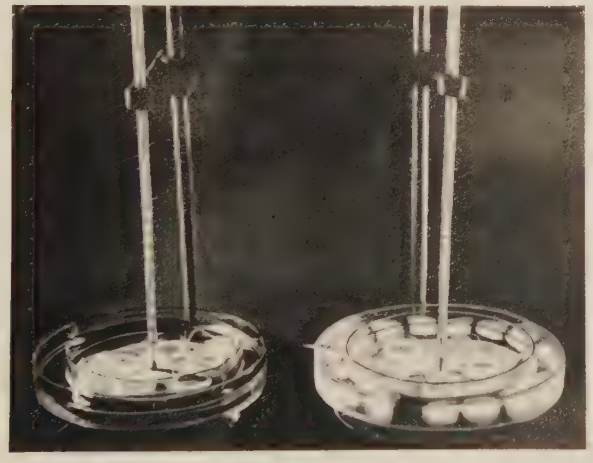
b) Leichenhautversuche.

In den vorhergehenden Versuche konnte ich zeigen, daß mit der Säurewirkung oder Osmose nicht die wesentlichen Vorgänge, die bei der Hautbaktericidie wirksam sind, erklärt werden können. Handelt es sich bei der Keimabnahme nicht um physiologisch-chemische oder auch biologische Wirkungen, dann müssen die gleichen Erscheinungen auch am toten Material und anderen Oberflächen zu beobachten sein. Hier können keine Körperfunktionen den Ausschlag geben, hier können nur exogene Einflüsse bakterienvernichtend wirken.

Wie aus dem Schrifttum bekannt ist, weisen besonders die amerikanischen Autoren *Arnold*, *Gustafson*, *Hull*, *Montgomery*, *Singer*, ebenso *Arnold* und *Barth* darauf hin, daß die Selbstdesinfektion der Leichenhaut gegenüber der lebenden herabgesetzt sei. Diese Feststellungen führten zu dem Schluß, daß auf toter Haut infolge unterbundener Schweißdrüsensekretion und damit die Ver-

schiebung des pH-Wertes nach der alkalischen Seite diese geringere Wirkung herbeiführe. Ebenso führten die Anhänger der biologischen Auffassung ins Feld, daß durch den Tod auch ein Stillstand dieser Schutzfunktionswirkung eintrete.

Von 8—24 Stunden alten Leichen wurden 2 Hautstücke von etwa 12 cm Durchmesser auf dem Rücken zwischen den Skapulae entnommen samt dem Unterhautfettgewebe. Diese beiden Hautlappen wurden zuerst mit warmem Wasser und sterilem Tupfer gründlich gereinigt, dann mit steriler Watte abgetrocknet und eine Stunde zusammen im Phosphorpentoxyd-Trockenkasten bei etwa 40%iger Feuchtigkeit aufbewahrt. Danach wurden die beiden Hautstücke eine Stunde lang der Zimmerfeuchtigkeit ausgesetzt und die Glasringe befestigt. Das eine Hautstück kam in offener Schale in eine größere Glasschale mit warmen Wasser, das so temperiert wurde, daß die Hautoberfläche eine Durchschnittstemperatur von 32° während der Versuchszeit annahm. Gleichzeitig wurde das andere Hautstück auf Eis gestellt und hier eine Durchschnittstemperatur von 10° erzielt. (Abb. 5).



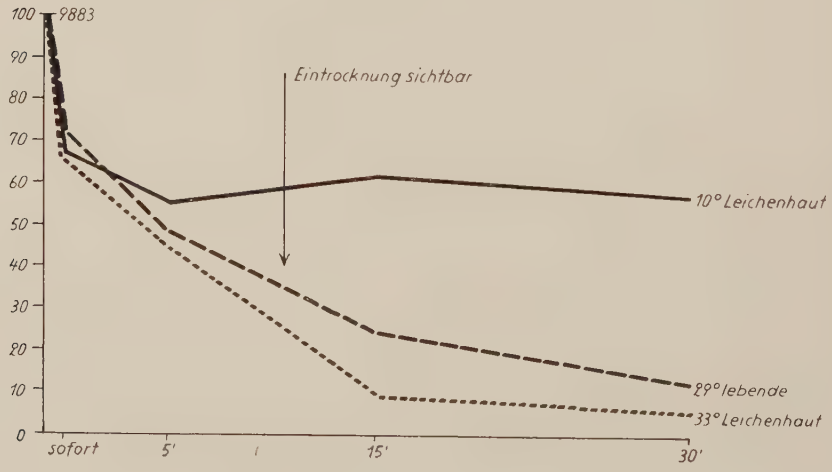
Um einen Vergleich mit der lebenden Oberhaut zu haben, wurde gleichzeitig unter den gleichen Außenbedingungen ein Versuch auf dem Handrücken durchgeführt, der eine konstante Temperatur von 29° zeigte. Als Testmaterial diente in der ersten Versuchsreihe Bact. prodig., zwei 48 stündige Schrägagarkulturen, in der zweiten Versuchsreihe Bact. coli, 24 stündige Schrägagarkulturen. Ein Tropfen der Kochsalzabschwemmung wurde 1:20 000 verdünnt mit sterilem Leitungswasser. Zur Temperaturmessung wurden Thermometer senkrecht auf die Oberflächen gestellt.

Diese Meßmethode gibt allerdings nicht exakt die Oberflächentemperatur an, sie stellt ein rohes Maß der Temperaturverhältnisse dar *(Büttner)*, gestattet aber einen Vergleich der einzelnen Oberflächen, da den Messungen gleiche Fehler anhaften.

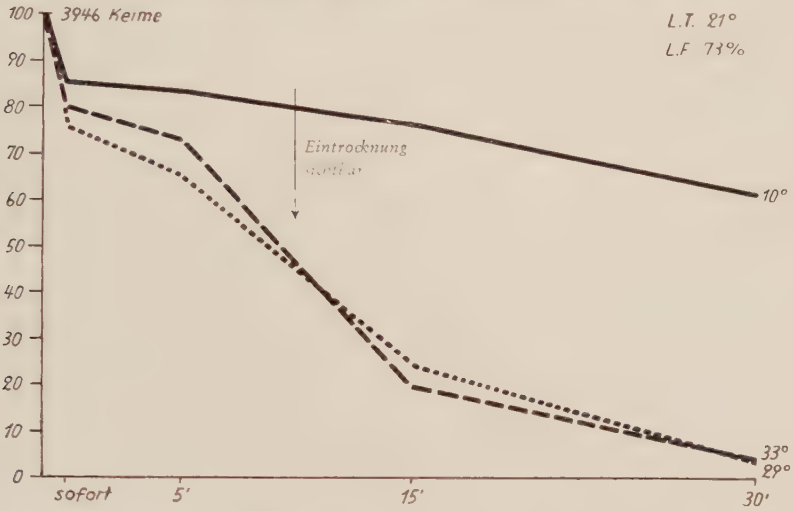
Wesentliche Voraussetzung bei meinen Versuchen war, die normalen natürlichen Verhältnisse aufrecht zu erhalten. Dazu gehört bei Leichenhaut vor allem die Temperatur, die nach dem Tode schnell sinkt und sich der umgebenden Lufttemperatur angleicht. Im Gegensatz zu anderen Untersuchungen wurden die Hautlappen nicht in mit physiologischer Kochsalzlösung gefüllten Schalen aufbewahrt, da sich naturgemäß die Haut mit der Flüssigkeit vollsaugt und hierdurch keine natürlichen Bedingungen mehr bietet. Gut entwickeltes Unterhautfettgewebe erhält während der kurzen Versuchsdauer die Haut ausreichend frisch und saftig.

Die Oberhaut wurde erst einer gründlichen Reinigung unterzogen, um sie von allen sauren Verdunstungsrückständen zu befreien. Dann wurden die Hautstücke durch kurze Behandlung im Trockenkasten und hierauf durch gleichmäßiges Aussetzen der Luftfeuchte auf gleichen Feuchtigkeitsgehalt gebracht. Die vorwiegend aus Keratinsubstanz bestehende Haut gleicht sich bis zu einem gewissen Grad der Raumfeuchte an. Durch die oben angegebene Behandlung waren die Hautlappen auf verschiedene Temperaturen gebracht worden. (Vergleichkurven 7 u. 8).

Kurve VII *Leichenhautversuche mit Bakt.-Prod. (Je 6 Versuche)*
LRF = 70%



Kurve VIII *Leichenhautversuche mit Bakt.-Coli bei versch. Temperaturen (Je 5 V.)*



Auf der bis zu 10° abgekühlten Haut trat keine sichtbare Eintrocknung ein und damit verläuft auch die Abnahmekurve der Bakterien fast waagerecht. Worauf beruht dieser Vorgang?

Die aufgegebene Flüssigkeit nimmt bald die Temperatur der Unterlage an, in unseren Fall etwa 10°. Somit wird weniger Flüssigkeit in Wasserdampf übergehen. Über der Oberfläche von 10° wird eine dünne Luftschicht ebenfalls tiefere Temperatur annehmen und dadurch ein geringeres Sättigungsvermögen aufweisen, besonders bei der im Glasring geringen Luftströmung. Die Hautstücke machen schon nach kurzer Zeit einen feuchten Eindruck, was auf dem Niederschlag von Kondenswasser beruht.

Bei der Temperatur von 32° dagegen ist schon nach 5 Min. fast vollständige Eintrocknung feststellbar. Dieser Tatsache läuft parallel die starke Bakterienabnahme zwischen 5 und 15 Minuten.

Auf dem Handrücken dagegen war eine allmählichere Abnahme zu beobachten, was mit der etwas geringeren Oberflächentemperatur und der größeren Hautfeuchte infolge der beim Lebenden sich ununterbrochen vollziehenden Schweißsekretion begründet werden muß. (Kurve VII).

Die von anderen Autoren festgestellte geringere Keimabnahme auf der Leichenhaut wird wohl darauf zurückzuführen sein, daß sie bei ihren Untersuchungen nicht normale Körpertemperatur herstellten; ferner, daß bei Lagerung in physiologischer Kochsalz-

lösung größere Hautfeuchte herrschte, wie sie normalerweise vorhanden ist. Jedenfalls fehlen hierüber genauere Angaben.

c) Tierversuche.

Einen weiteren Beweis gegen die Anschauung von der baktericiden Wirkung des Säuremantels stellen folgende Untersuchungen dar.

Ursache dieser sauren Hülle des Körpers ist nach *Marchionini* die saure Schweißreaktion, die durch Konzentrierung ihrer Bestandteile infolge Verdunstung sich noch verstärkt.

Ist nun die Säurewirkung schuld an dem raschen Verschwinden der Bakterien von der Körperoberfläche, dann dürfte diese Hautbaktericidie an schweißdrüsenfreien Hautflächen nicht vorhanden sein.

Um diese Frage zu prüfen, führte ich an Hunden und Kaninchen Versuche durch. Bekanntlich sind bei behaarten Säugetieren die Schweißdrüsen weniger zahlreich als in der Haut der Menschen. Sie sind fast nur auf kahle Stellen z. B. Faßballen beschränkt. Hunde schwitzen nur an den Pfoten. Beim Kaninchen wurde an keiner Körperstelle Schweiß beobachtet, histologisch konnten Schweißdrüsen nur an den Lippen nachgewiesen werden. Es ist aus der Gruppe der Carnivoren der Hund, und aus der Gruppe der Nager das Kaninchen herausgegriffen worden, da eine weitgehende Abhängigkeit der Körperreaktionen von der Art der Nahrung besteht.

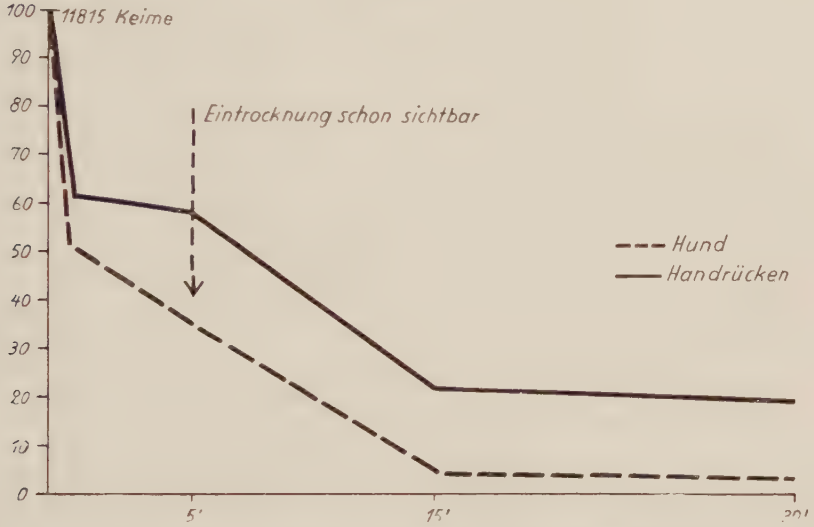
Diese histologisch schon bewiesenen Verhältnisse der Kaninchen- und Hundehaut prüfte ich nochmals mit Hilfe der chemischen Methode von *Aubert* nach. Auf die gut gereinigte Haut wird ein Stück Fließpapier fest aufgelegt; dann taucht man dieses Papier in Silbernitratlösung. Nach Belichtung sieht man die Öffnung der Schweißdrüsen auf dem sich schwärzenden Papier als feine weiße Punkte infolge Chlorsilberbildung, das aus dem Kochsalz im Schweiß entsteht. Diese Reaktion trat im Gegensatz zur menschlichen Haut niemals auf.

Um einen objektiven Anhaltspunkt über die bei den Tieren herrschende Hautreaktion zu haben, führte ich Messungen durch mit der oben beschriebenen Epikutan-Elektrode von Lautenschläger. 10 Messungen ergaben übereinstimmend alkalische Werte, die zwischen pH 7,3 und 7,6 schwankten.

Die Versuchstiere wurden 48 Stunden vor Versuchsbeginn rasiert bei bestmöglichster Schonung der Hautoberfläche. Dieses Intervall hielt ich für notwendig, da auch bei vorsichtigem Rasieren kleine meist unsichtbare Epitheldefekte entstehen, die sich erst schließen sollten. Die Versuche wurden auf der Rückenpartie

der Tiere in der gleichen Weise wie auf dem Handrücken mit Bact. Prodig. durchgeführt. Auffallend war das rasche Eintrocknen der aufgegebenen Tropfen beim Hund, das schon nach 5 Min. weitgehend festzustellen war. (Vergleichkurve 9).

Kurve IX *Hundeversuch mit Bakt.-Prod. (Je 7 Versuche)*
LF 70%

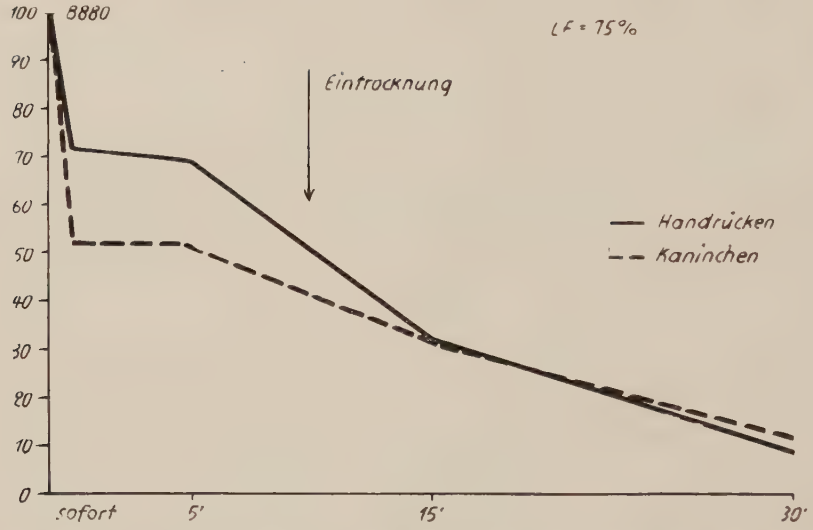


Beim Kaninchen dagegen verschwand die Flüssigkeit etwa in gleicher Weise wie bei den Vergleichsversuchen auf dem Handrücken. (Vergleichskurve 10).

Die gleiche Absterbekurve von Kaninchen und Handrücken und die stärkere Baktericidie des Hunderückens bestätigen meine Anschauung, daß die selbstdesinfizierende Wirkung nicht von der Oberflächenreaktion abhängig sein kann, sondern daß die Baktericidie neben der Oberflächenbeschaffenheit des einzelnen Körpers von äußeren physikalischen Einflüssen abhängt, die auf allen Oberflächen in gleicher Weise wirksam sind.

Die stärkere Keimabnahme, die der intensiveren Eintrocknung parallel geht, ist wohl eine Folge der zarten Oberflächenbeschaffenheit und der höheren Körpertemperatur, die beim Hund zwischen 37 und 39,5° und beim Kaninchen zwischen 38 und 39,5° liegt, also 1 bis 2 Grad höher wie beim Menschen ist. In später angeführten Untersuchungen auf Glas und den Leichenhautversuchen wurde der Beweis erbracht für den Einfluß der Oberflächentemperatur auf die Baktericidie. Vielleicht

Kurve X *Kaninchenversuche mit Bakt.-Prod. (6 Vers.(*



ist diese Tatsache auch mit als Grund zu bewerten für die keimärmere Bakterienflora von Kindern unter 14 Jahren; allerdings schwanken die Angaben über die Hauttemperatur bei Kindern beträchtlich.

d) Glasversuche.

Einen weiteren Beweis dafür, daß die Selbstreinigung der Körperoberfläche in der Hauptsache von *exogenen physikalischen Einflüssen* bestimmt wird, liefern die Versuche auf zwei verschiedenen Glasarten.

Mit Äther gründlich gereinigte und entfettete Deckgläser (43 zu 43 mm) wurden auf die vorher mit körperwarmem Wasser benetzte Hautoberfläche der Unterarminnenseite mit Leukoplaststreifen aufgeklebt. Hierauf wurden die Ringe mit Paraffin befestigt und der Versuch $^1/_4$ Std. nach Aufkleben der Deckgläser in der üblichen Weise durchgeführt. (Abb. 6).

Die zwischen Haut und Deckglas befindliche Flüssigkeitsschicht soll durch Verdrängung der Luft ein schnelleres Angleichen der Glas- an die Hauttemperatur herbeiführen. Der Unterschied beträgt nach der bei den Leichenhautversuchen angegebenen Meßmethode nur 1 Grad.

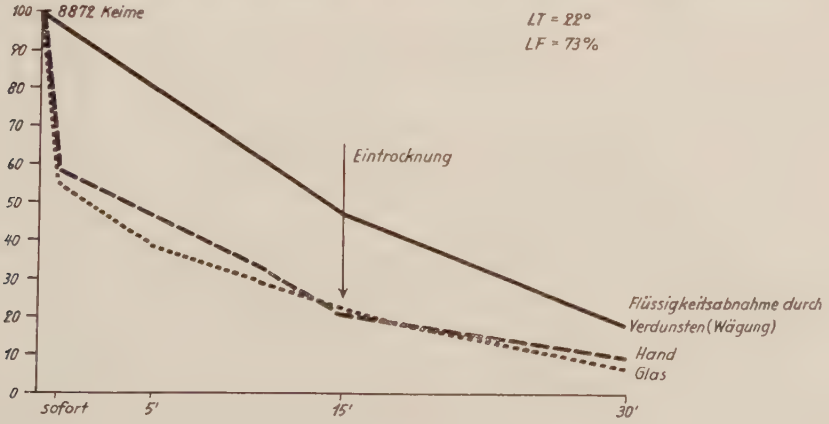
Auf der *glatten* Glasoberfläche läßt sich die kleine Flüssigkeitsmenge nicht gleichmäßig verteilen infolge Kohäsionswirkung; es bilden sich kleine Seen. Infolge der größeren Schichtdicke und kleineren Oberfläche ist die Verdunstungswirkung geringer. An-

Abb. 6

sich müßte auf einer vollkommen trockenen Glasfläche die Keimabnahme eine viel stärkere sein wie auf der Oberhaut mit einer nach *Büttner* durchschnittlich 40-60%igen Feuchtigkeit.

Vergleicht man die Kurven der Prodigiosumversuchsreihen, dann findet man aber keinen Unterschied in der Keimabnahme (Kurve 11). Um einen genaueren Anhaltspunkt über die innige Beziehung zwischen Verdunstungsvorgang und Bakterienabnahme zu haben, wurde bei den Glasversuchen die Verdunstung gewichtsmäßig erfaßt durch Wägung auf einer Milligrammwage. Kurven XI, XII, XIII, XIV, XVIII, XIX, zeigen, daß Eintrocknung Bakterienvernichtung bedeutet. Analog der langsameren Verdunstung auf Glas mit glatter Oberfläche verhält sich auch die Keimabnahme; sie nimmt im Gegensatz zu aufgerauhter Oberfläche langsamer ab. Es wurden 6 verschiedene Wägungen durchgeführt bei 65—80% RF.

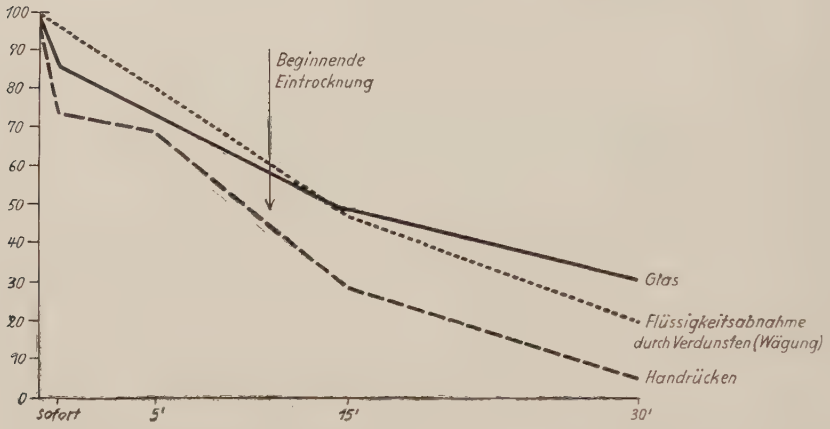
Kurve XI *Bakt.-Prod. auf glatter Glasoberfläche und Handrücken (Je 10 Vers.)*



Gegen Bact. coli ist die Baktericidie auf glattem Glas geringer wie auf dem Handrücken gefunden worden. (Kurve 12).

Kurve XII

Bact. coli auf glatter Glasoberfläche und Handrücken
LT = 22° *(Je 6 Vers.)*
LF = 75 %



Die Verdunstungsverhältnisse auf dieser Glasart entsprechen denen bei fettreicher Epidermis. Die feuchten Stellen trocknen vom Rande her ein, da hier die Flüssigkeitsschicht am dünnsten ist. Infolge Kapillarattraktion befinden sich an dieser Stelle die meisten Bakterien.

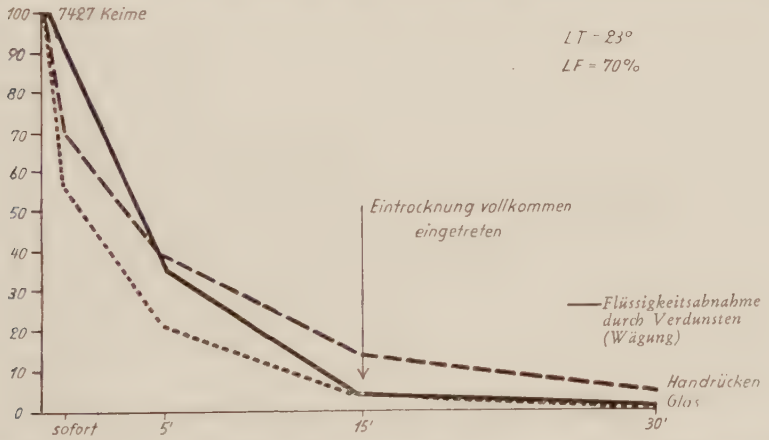
Um diesen Vorgang auch im mikroskopischen Bild veranschaulichen zu können, wurde ein Tropfen Prodig.-Abschwemmung im Brutschrank auf einem Objektträger eingetrocknet und mit wässerigem Fuchsin 2 Min. lang gefärbt. (Abb. 7 zeigt den Tropfenrand in 350facher Vergrößerung).

Abb. 7

Man erkennt die schichtweise Ansammlung der Keime in der Randzone. Da hier die Eintrocknung infolge geringer Schichtdicke beginnt, müssen ihr auch am Anfang die meisten Keime zum Opfer fallen, was alle Versuche bestätigen.

Um die Flüssigkeit gleichmäßig verteilen zu können, wurde Glas mit *aufgerauhter Oberfläche* angewandt und die gleichen Versuche wiederholt. Die Glasplatten hatten die gleiche Größe, ihre Dicke dagegen betrug wegen der Bearbeitung mit Sandstrahlgebläse $1\frac{1}{2}$ mm. Der Versuchsablauf war der gleiche wie oben angegeben. Infolge der dickeren Glasschicht betrug die Oberflächentemperatur 2 Grad weniger wie auf dem Handrücken. Aus den Kurven 13 und 14 geht eindeutig hervor, daß die durch gleichmäßiges Verteilen erreichte Oberflächenvergrößerung und somit auch dünnere Flüssigkeitsschicht dem Trocknungsprozeß stärker unterworfen ist und analog hiermit auch die Keimvernichtung gesteigert ist. (Abb. 8).

Kurve XIII *Je 6 Vers. Bakt.-Prod. auf aufgerauhtem Glas und Handrücken*



Kurve XIV *Je 6 Vers. Bakt. coli auf aufgerauhtem Glas und Handrücken*

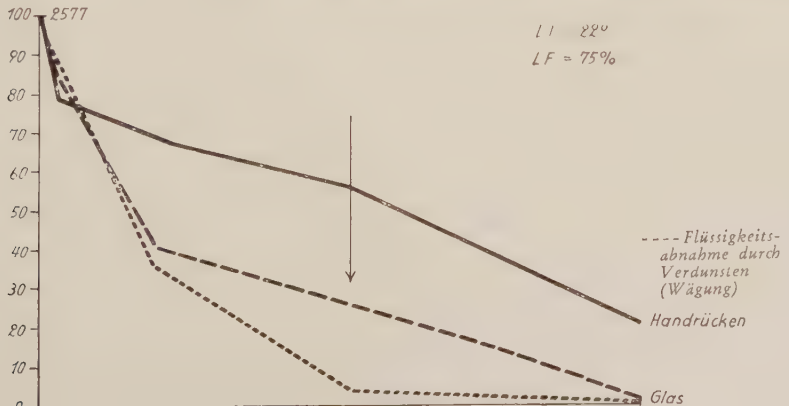
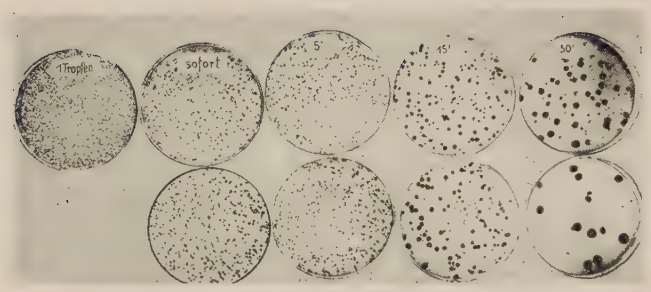


Abb. 8



Bakt.-Prod. Keimabnahme auf: Handrücken

aufgerauhter Glasoberfläche

Es fiel bei diesem Versuch auf, daß die Eintrocknung in der Mitte begann und sich nach dem Glasring fortsetzte, da dort naturgemäß die Schichtdicke infolge Attraktion etwas größer ist.

e) Regionäre Verschiedenheiten der Hautbaktericidie.

Bei Erörterung der normalen Keimbesiedlung der Körperoberfläche fielen die übereinstimmenden Angaben über die starken regionären Unterschiede in quantitativer und qualitativer Hinsicht auf. Als Grund hierfür wurden Hautfeuchte, Nährbedingungen, Behaarung und Schutz vor mechanischer Abschilferung angeführt. Diese Oberflächen-Bezirke mit zahlreicher Bakterienflora decken sich im wesentlichen mit den „Säure-Lücken" *Marchioninis*. Hier muß also zweifellos die selbstdesinfizierende Wirkung der Haut herabgesetzt sein und so ein üppiges Bakterienwachstum begünstigen.

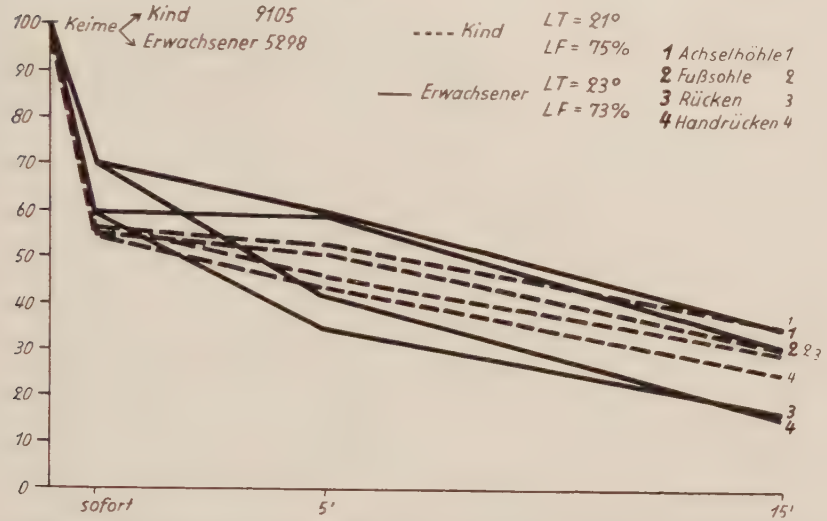
Wie aus den geschilderten Versuchen eindeutig hervorgeht, kann aber der Oberhautreaktion hierbei keine Bedeutung beigemessen werden. Es konnte gezeigt werden, daß die Art und Beschaffenheit der Oberfläche in Verbindung mit exogenen Einflüssen eine Rolle spielen.

Ich prüfte mit meiner Methode die baktericide Fähigkeit der Säurelücken und mußte *Marchioninis* Angaben über die herabgesetzte Wirkung bestätigen. Doch kam ich zu einer anderen Deutung der Ursache, da meine Technik die normalen Verhältnisse ungestört läßt.

In einer Versuchsreihe stellte ich die Säurelücken Achselhöhle und Mittelfußsohle des Erwachsenen dem erhaltenen „Säuremantel" auf Handrücken und Rückenpartie gegenüber und verglich sie mit den gleichen Körperstellen des Kindes. Versuchspersonen waren zwei 11 jährige hautgesunde Knaben und zwei 22 jährige Männer. Die zu untersuchenden Körperstellen wurden 12 Stunden vor Versuchsbeginn mit warmem Wasser und Seife gereinigt, die Achselhaare bei den Erwachsenen mit der Schere z. T. entfernt. Die Versuche wurden in der üblichen Weise mit Bact.

prodig. nebeneinander durchgeführt, um unter gleichen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen zu arbeiten. (Kurve 15).

Kurve XV *Vergleich der Haubaktericidie an versch. Körperstellen beim Erwachsenen und Kind (Je 5 Vers. mit Bakt.-Prod.)*



Erheblich ist der festgestellte Unterschied in der keimvernichtenden Wirkung verschiedener Hautregionen. Wäre das alkalische Milieu der Säurelücken dafür verantwortlich, dann wäre dort eine innerhalb der ersten 15 Minuten schon beträchtliche Abnahme von 60% nicht zu erwarten. Sie ist so zu erklären, daß beim Versuchsablauf durch Zurücknahme des Armes die Achselhöhle geöffnet wird, und die Verdunstungsbehinderung – ebenso wie durch teilweise Entfernung der Achselhaare — aufgehoben ist. Im Vergleich zum Handrücken werden nur durch die größere Hautfeuchte die Keime sich länger halten können. So ist auch der gleiche Kurvenverlauf mit der Fußsohle zu erklären, da hier ebenfalls durch stärkere Schweißdurchfeuchtung die Austrocknung nicht so stark wirksam sein kann. Die im Vergleich zum Handrücken und Rücken unterschiedliche Abnahme kann nur auf die verschiedene Hautfeuchte und Oberflächenbeschaffenheit zurückzuführen sein. (Hyperhidrosis in den Säurelücken).

Beim Kind ist ebenso ein klarer Unterschied zwischen den gegenübergestellten Oberflächen festzustellen, wenn auch nicht so ausgesprochen wie beim Erwachsenen. Die Konzentration der Schweißdrüsen und die Verdunstungsbehinderung an den Säurelücken entsprechenden Hautstellen ist geringer, das übrige

Hautgewebe zärter und saftreicher, die Oberflächenbeschaffenheit also eine andere.

Die Schwierigkeit liegt darin, an diesen Stellen die Säure — von der Trockenwirkung exakt zu trennen. Ich beabsichtigte, mit dem von *Büttner* angegebenen Kontakthygrometer die Hautfeuchte der verschiedenen Regionen zu messen und die Abhängigkeit der Keimabnahme von diesem physikalischen Faktor unter Beweis zu stellen. Leider konnte die Lieferung dieser Meßapparatur trotz 7 monatlicher Bestellungszeit infolge der Zeitumstände nicht erfolgen.

Ein Vergleich der von den verschiedenen Oberflächen bei Sofortentnahme wiedergewonnenen Keime ergibt wie bei Kurve III, daß mehr Bakterien aus behaarten Gebieten (Achselhöhle) wieder aufgenommen werden können, da hier beim Einreiben viele Mikroorganismen an den Haaren hängen bleiben und nicht von der Epidermisoberfläche verschluckt werden können. Hierfür ist auch die dort herrschende größere Feuchtigkeit verantwortlich, wie aus den Klimaversuchen noch hervorgehen wird.

8. Hautbaktericidie und Eintrocknung.

Die Ansicht von der engen Beziehung zwischen Eintrocknungsvorgang und Bakterienvernichtung ist schon alt.

Berkholz (1889) weist in einer Arbeit darauf hin, daß Trocknung nicht nur Wachstumshemmung, sondern Abtötung herbeiführe, wobei wechselnde Luftfeuchte sich besonders ungünstig auf die Keime auswirke.

Ficker (1898) beschäftigt sich in seiner Habilitationsschrift mit der Lebensdauer und dem Absterben pathogener Keime. Er wies auf den großen Unterschied der Versuchsergebnisse einer Anzahl Autoren hin und untersuchte eingehend die Resistenz gegen Austrocknung. Je dünner die einzutrocknende Schicht sei, um so rascher gehe die Keimabnahme vor sich. Beschleunigte Trocknung im Exikator oder bei Bruttemperatur führe schnelleres Absterben herbei. Brühe oder Milchaufschwemmung trockne viel schwieriger ein wie wässerige Suspensionen. *Allerdings stellt er keine Beziehung zu den Vorgängen auf der Körperoberfläche her.*

Berger (1936) untersuchte die Widerstandsfähigkeit des Bact. coli gegen Austrocknung und fand bei verschiedenen Stämmen starke Schwankungen, die im Alter begründet waren.

Aus der großen Zahl von Untersuchungen über die Infektionsmöglichkeit durch Tröpfchen geht die ausserordentliche Empfindlichkeit der Bakterien gegen Trocknung hervor.

Wie schon angeführt, machten verschiedene Autoren bei der Untersuchung der normalen Keimflora der Haut die Feuchtigkeitsverhältnisse für die verschiedene Verteilung von Bakterien verantwortlich.

Als erste wiesen *Schiemann* und *Landau* (1918) *Dold* und *Chen Yü Shiang* (1919) auf einen gewissen Einfluß der Trocknung bei den Selbstreinigungsvorgängen auf der Haut hin. Ebenso maßen *Arnold* und *Barth* (1933) und *Burthenshaw* (1938) ihr eine ausschlaggebende Bedeutung bei.

1931 und 32 wurden von den Amerikanern *Cornbleet* und *Montgomery*, vor allem aber von *Norton* und *Novy* genauere experimentelle Untersuchungen angestellt, die zum Ergebnis führten, daß die Hautbaktericidie allein die Folge der Verdunstung und damit der Eintrocknung sei.

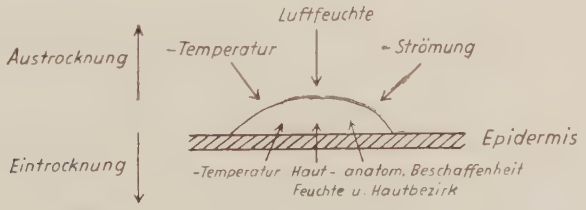
Es hat in der späteren Zeit nicht an Widerlegungsversuchen gefehlt, die aber keineswegs zur Klärung der Vorgänge beitrugen.

Der nun folgende Teil der Arbeit galt in erster Linie der Untersuchung der Abhängigkeit der Hautbaktericidie von zahlreichen Faktoren, die den Verdunstungsprozeß beeinflussen und die Trocknung herbeiführen.

Die Haut als äußere Körperbegrenzung steht in aktiver und passiver Wechselwirkung mit der umgebenden Luft. Sie dient als Übergangsgewebe zwischen feuchten Körperinnenzellen und Außenluft. Die Keratinsubstanz ihrer Oberfläche ist stets hygroskopisch, sie steht somit in enger Beziehung mit der Wasserdampfspannung der Luft, wie mit den tiefer liegenden Zellschichten. Ist infolge geringer Luftfeuchte die Epidermis trocken, so wird sich von Epithelschicht zu Epithelschicht ein stärkeres Flüssigkeitsgefälle einstellen zum Ersatz für das durch Verdunstung verlorengegangene Wasser.

Das Maß der Verdunstung ist somit abhängig einmal von *exogenen Momenten:* Feuchtigkeit, Bewegung und Temperatur der umgebenden Luftschicht. Dann wird es von *endogenen Momenten* bestimmt: Vom physiologischen Funktionszustand der Schweiß- und Talgdrüsen, dem anatomischen Bau der H. Oberfläche, der topographischen Lage und der Oberflächentemperatur.

Eine schematische Zeichnung soll die verschiedenartigen, die Verdunstung bestimmenden Einflüsse auf einen auf die Haut gegebenen Tropfen veranschaulichen.



Da bei allen Versuchen ein wesentlicher Zusammenhang zwischen Eintrocknung und Bakterienabnahme festzustellen war, muß sich eine Änderung bei einem dieser Faktoren auch in der baktericiden Wirkung bemerkbar machen. Infolge des starken Einflusses der Raumfeuchte wurde bei allen Versuchen der Feuchtigkeitsgehalt der Luft mit einem Psychrometer, d. h. einer Kombination eines trocknen mit einem durch Musselin-Läppchen feucht gehaltenen Thermometers bestimmt. Aus dem Temperaturunterschied wurde die relative Feuchtigkeit mit Hilfe einer gebräuchlichen Psychrometertafel ermittelt.

Klimaversuche.

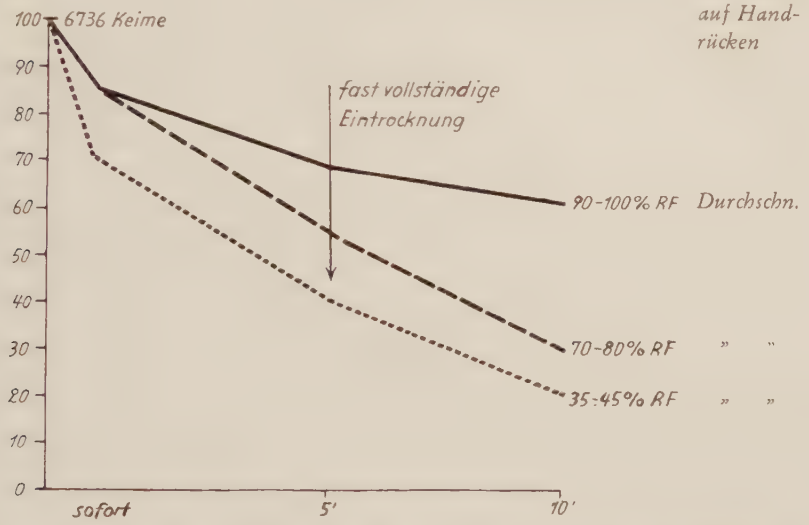
Zuerst möchte ich mich den exogenen Einflüssen zuwenden, die sich zusammenfassen lassen in dem Begriff: *Klima.*

Zur Herstellung künstlicher Klimatas von geringer und hoher Luftfeuchte bediente ich mich eines Trocken- und Feuchtekastens. Es waren mit Zinkblech ausgekleidete Holzkisten, von 18 600 ccm Inhalt, die oben mit verschiebbarer Glasplatte verschlossen waren, durch die ein Thermometer ins Innere ragte. An der einen Seite des Kastens befand sich eine Öffnung, durch die der Arm hineingeschoben und mit Gummimannschette luftdicht abgeschlossen wurde. (Abb. 9). Innen war zur Armauflage ein Drahtnetz angebracht. Trockenheit wurde mit Phosphorpentoxyd erzielt, das in großen Schalen ausgebreitet war, 100% ige Feuchtigkeit durch aufgestellte Wasserschalen herbeigeführt. Im Gegensatz zum feuchten Kasten wurde im Trockenkasten die Raumfeuchte mit einem Haarhygrometer bestimmt, da bei Messungen mit trockenfeuchten Thermometern der Feuchtigkeitsgrad sich schnell erhöht hätte. Zu den Keimabnahmen wurde die Hand aus dem Kasten genommen.

Abb. 9

Die erste Versuchsreihe mit Prodig. diente dazu, den Einfluß der Luftfeuchte auf die Keimvernichtung festzustellen. Gleichzeitig wurden Versuche bei verschiedenen Feuchtigkeitsgraden angestellt. (Kurve 16,).

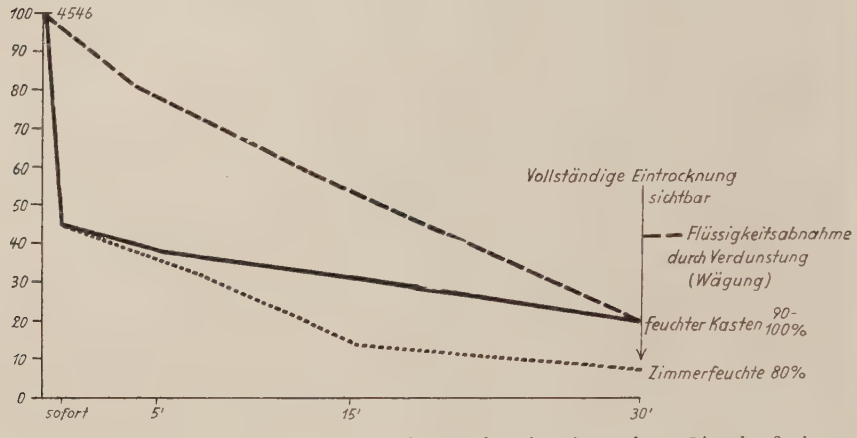
Kurve XVI *Je 6 Versuche in verschiedener Feuchtigkeit mit Bakt.-Prod. auf Handrücken*



Ein Blick auf die Vergleichskurven *führt deutlich die Wirkung der Raumfeuchte schon innerhalb der ersten 10 Min. auf die Keime* vor Augen. Die Abnahme im Trockenkasten wäre noch überzeugender, wenn die geringe Ausgangsfeuchte von 20% im Kasten hätte beibehalten werden können. Bei den Personen, bei denen sie während des Versuchsablaufs stärkter anstieg, zeigte sich auch eine entsprechend geringere Keimabnahme.

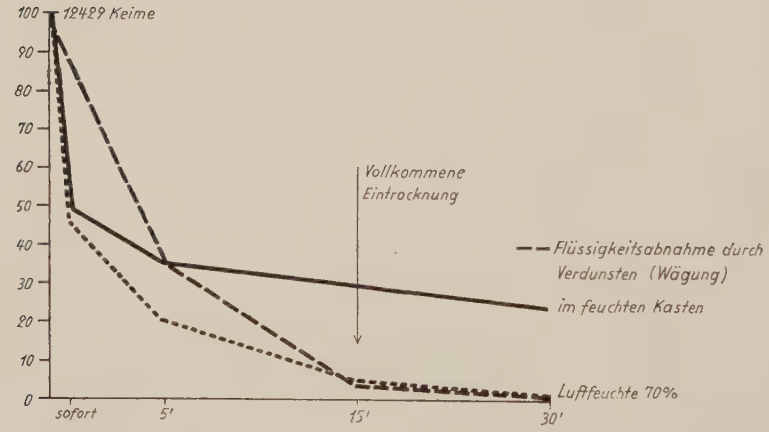
Diese Vorgänge müssen sich in gleicher Weise auch auf anderen Oberflächen abspielen. Wie bei den früheren Glasversuchen wurden in der gleichen Weise Deckgläser mit Leukoplaststreifen auf die Unterarminnenseite aufgeklebt und mit Ringen versehen. Wie auf Abb. 9 zu sehen ist, wurde der Versuch gleichzeitig im Kasten bei etwa 100%iger Feuchtigkeit und in der Raumluft des Laboratoriums durchgeführt. Da sich während des $1\frac{1}{2}$ stündigen Versuchsablaufs im Kasten infolge der Anwesenheit des Armes die Temperatur auf 30° erhöht und damit die Luftfeuchte sich vorübergehend ändert, wurde vor dem Versuch die Innentemperatur durch eine Heizlampe auf 30° gebracht. Mit Bact. prodig. wurden Untersuchungen auf Glas mit glatter und aufgerauhter Oberfläche durchgeführt. (Kurve 18 und Kurve 19).

Kurve XVIII *Je 5 Vers. mit Bakt.-Prod. auf glatter Glasoberfl. Temp. 30°*

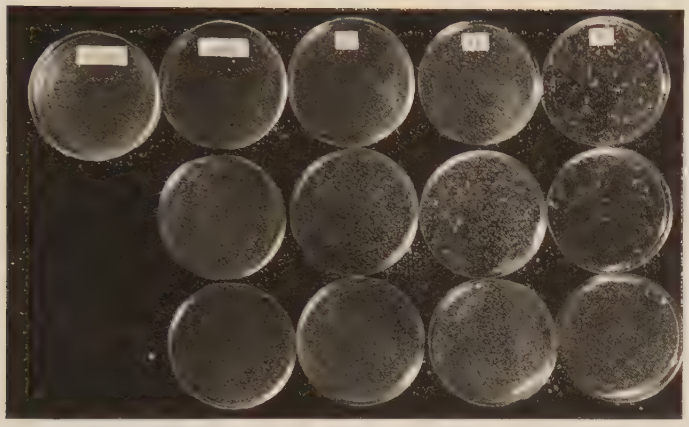


Kurve XIX *Je 5 Vers. mit Bakt.-Prod. auf aufgerauhter Glasoberfläche*

LT = 22°
LF = 75%



Die Kurvenbilder zeigen eine eigenartige Erscheinung, die auch bei den übrigen Glasversuchen aufgetreten ist. Auf glatter und rauher Oberfläche ist eine gleichstarke sofort einsetzende Keimabnahme, die viel erheblicher ist, als auf der Haut, festzustellen. Die noch übrig gebliebene Menge erhält sich bei 90—100%iger Feuchtigkeit annähernd konstant während des weiteren Versuchsaublaufs (Abb. 10).



Handr. bei 70% RF

Glas bei 70% RF

Glas bei 90—100% F

Diese Abnahme kann nur durch eine Art Schockwirkung erklärt werden, die infolge des starken Milieuwechsels Flüssigkeit - trokkenes Glas eintritt. So wird die Aufmerksamkeit auf das Milieu gelenkt, dem bei der Baktericidie ebenfalls eine gewisse Rolle zukommt. In einem besonderen Abschnitt gehe ich an Hand von Versuchen mit verschiedenen Bakterienarten hierauf noch näher ein (S. 57).

Als weiterer äußerer Einfluß macht sich die Windströmung auf die Verdunstung geltend, deren Einwirkung auf die Keimvernichtung es in folgendem Versuch festzustellen galt:

Auf dem einen Handrücken und distalen Unterarm wurde der Versuch wie üblich durchgeführt. Die Vergleichsuntersuchung mit warmen Fönwind erfolgte an der anderen Extremität. In einem Winkel von 45° bestrich der Windstrom die auf die Haut gebrachten Bakterien. In der Entfernung von 20 cm betrug die Temperatur über dem Glasring 32°. Die Abnahmen mit den Kapillarpipetten erfolgte nach 3 und 5 Minuten, in welcher Zeit das Hautareal unter der trocknenden Wirkung des warmen Fönwindes stand. (Kurve 17). Die schon in den ersten Minuten steil abfallende Absterbkurve ist ein klarer Beweis für die starke Empfindlichkeit der Bakterien gegen Wasserentzug. Die sichtbare Eintrocknung dieser relativ kleinen Flüssigkeitsmenge tritt innerhalb der ersten 3 Min. ein, was neben der Windströmung auch durch die höhere Temperatur gefördert wurde. (Abb. 11)

Kurve XVII

Je 6 Fönversuche mit Bakt.-Prod.

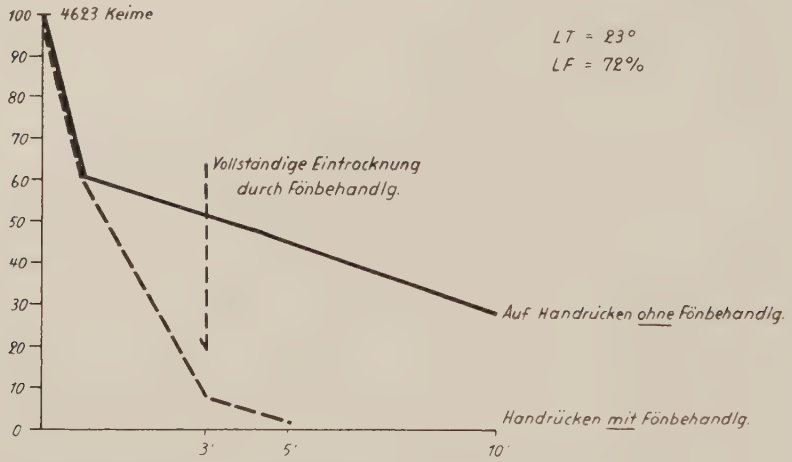
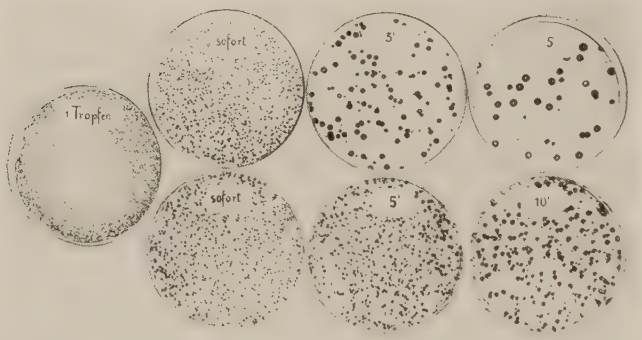


Abb. 11



mit Föhnbehandlg.

ohne Föhnbehandlg.

Ein mikroskopischer Nachweis der Keimabnahme auf der Oberfläche erwies sich als unmöglich.

Nachdem die Wirksamkeit äusserer Verdunstungseinflüsse nachgewiesen war, wandte ich mich der *endogenen Einwirkung* zu. Schon die Untersuchungen über die verschiedene Baktericidie der einzelnen Körperregionen lenkte die Aufmerksamkeit auf die Hautfeuchte. Ähnliche Verhältnisse wie in der Achselhöhle und auf der Fußsohle mußten auch an anderen Körperstellen herrschen, wenn ihre Oberflächenfeuchtigkeit künstlich verstärkt wird.

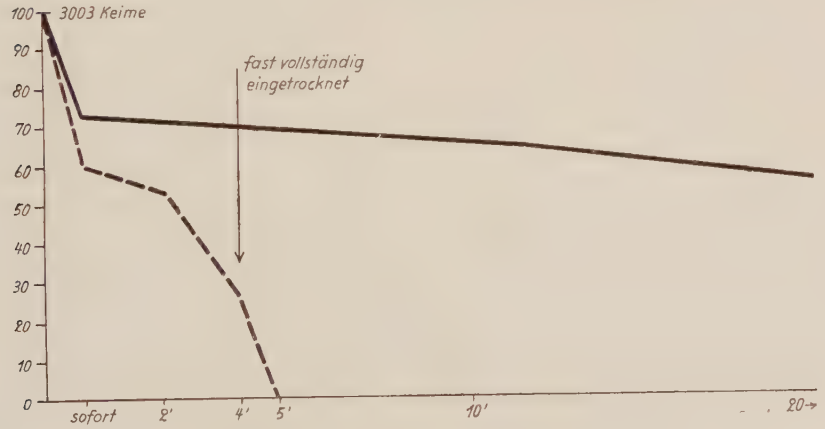
Ich gab daher die Hand 1 Stunde vor Versuchsbeginn in den feuchten Kasten und ließ die Hautoberfläche etwa 100%iger Feuch-

tigkeit ausgesetzt. Sie mußte somit höhere Feuchtigkeitsgrade wie normal annehmen. Zu einem extremen Vergleich wurde die andere Hand eine Stunde im Phosphorpentoxyd-Trockenkasten vorbereitet bei anfänglich 20%iger Feuchtigkeit, die sich allerdings je nach der Hautfeuchte der Versuchspersonen mehr oder weniger stark erhöhte.

Nach dieser 1 stündigen Vorbereitung wurde der Versuch in beiden Fällen bei *Zimmerfeuchte* durchgeführt (Kurve 20). Der Unterschied zwischen beiden Kurven ist charakteristisch und beweisend für die große Rolle trocknender Einflüsse. Auf der getrockneten Oberfläche macht sich schon bei Sofortentnahme ein starker Keimverlust geltend; das Wasser wird von der hygroskopischen Keratinsubstanz aufgesaugt und den Bakterien entzogen. Eine Folge dieser auf der Oberfläche sich abspielenden Vernichtung ist wohl auch die Tatsache, daß die Keime unter den oberflächlichen Schichten niemals histologisch nachgewiesen werden konnten.

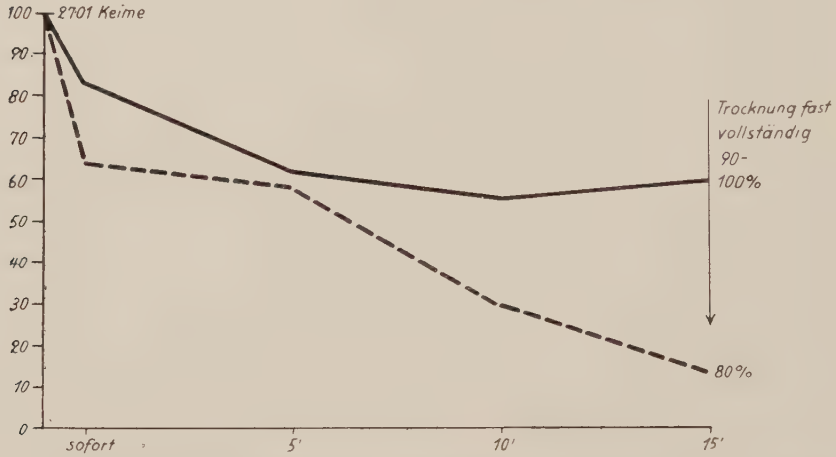
Bei der in 100%iger Feuchtigkeit vorbehandelten Hand setzt erst nach langen Zeiträumen eine allmählich beginnende Abnahme ein.

Kurve XX *Handrücken 1 Std. vorbereitet in 100% RF und 35% RF Je 6 Vers. mit Bakt.-Prod. bei Zimmerfeuchte.*



In einer weiteren Versuchsreihe wollte ich die Empfindlichkeit der Keime gegen Verdunstung an zwei nicht wesentlich verschiedenen Feuchtigkeitsgraden prüfen. Die Vorbehandlung geschah bei 80 und 100%iger r. F., bei der auch der weitere Versuch mit Bact. prodig. durchgeführt wurde. (Kurve 21).

Kurve XXI *Je 5 Vers. mit Bakt.-Prod. auf Handrücken.*
1 Std. Vorbehandlung und Versuch bei 90—100% und 80% RF



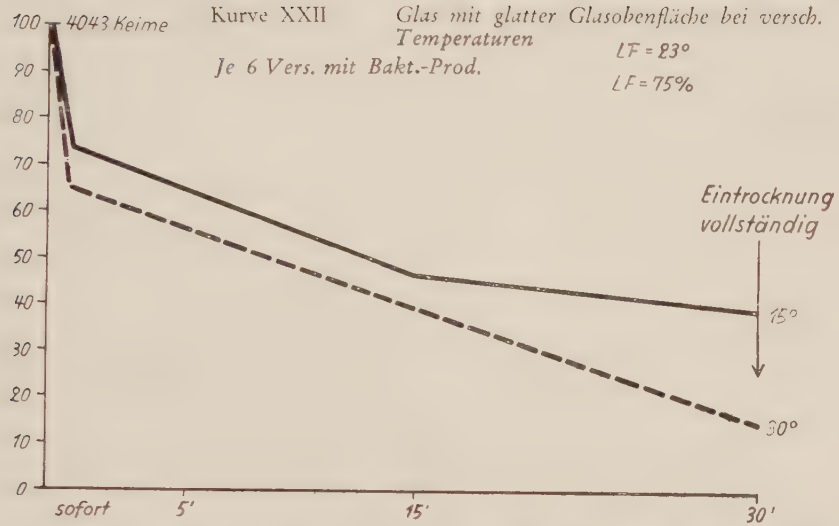
Aus dem Kurvenverlauf ist ersichtlich, wie sich eine an sich geringe Feuchtigkeitsdifferenz von 20% auf die Lebensmöglichkeiten von Bakterien auswirkt.

Büttner hatte auf der normalen Haut Feuchtigkeitswerte zwischen 20 und 60% gemessen. Ihre R. F. sei fast stets geringer als die der Luft.

Im folgenden will ich den Einfluß der Temperatur der Unterlage auf die darauf gegebene Bakterienabschwemmung zeigen. Die Leichenhautversuche (S. 34/37) hatten in ihrem Ergebnis schon einwandfrei auf die hier bestehenden Beziehungen hingewiesen. Ich führte nun unter ähnlichen Versuchsbedingungen mit Bact. prodig. als Testobjekt die gleichen Versuche auf glatter Deckglasoberfläche durch.

In offene Petrischalen wurden Deckgläser mit aufgeklebten Glasringen gelegt und in der einen eine Oberflächentemperatur von 30°, in der anderen die von 15° in der oben geschilderten Weise erzielt. Weitere Versuchsdurchführung wie bei Leichenhaut. (Kurve 22).

Aus dem Verlauf der Absterbekurve geht der Einfluß des Temperaturunterschiedes hervor. Bei 15° bildete sich im Verlauf des Versuchs eine dünne Kondenswasserschicht, die ihrerseits den Trocknungsverlust verringerte. Auf Leichenhaut war ein stärkeres divergieren der Kurven aufgefallen. Dies Verhalten beruht auf verschiedenen Bedingungen.



Der Temperaturintervall auf Leichenhaut war 8° größer. Infolge Tröpfchenbildung ist auf glatter Glasoberfläche die Verdunstungswirkung geringer. Die Kurve 30° auf Glas entspricht etwa der bei 29° auf Handrücken.

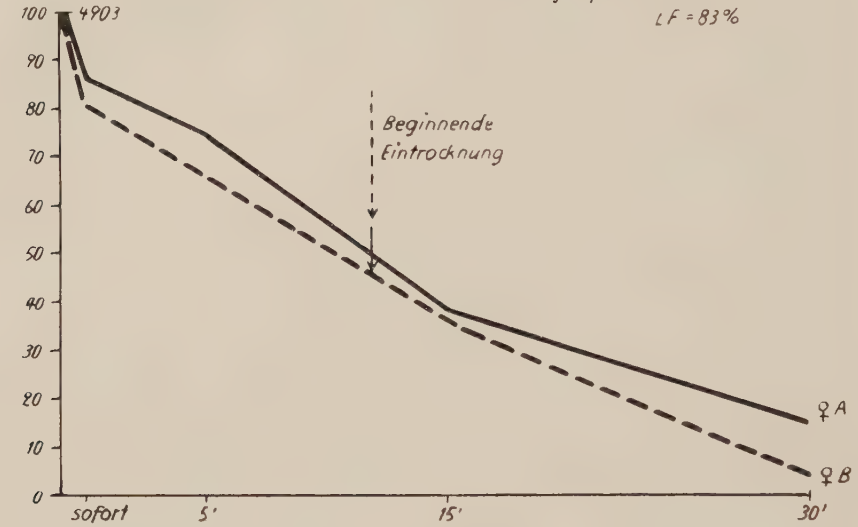
Auch aus diesem Ergebnis geht hervor, daß die Verdunstung und damit die Keimabnahme mit der Temperatur der Oberfläche in enger Beziehung steht.

Der Einfluß des anatomischen Baues und die Lage der einzelnen Hautregionen, d. h. ihre Behaarung, Schweißdrüsenkonzentration, Verdunstungsbehinderung wurde schon in dem Abschnitt über „*regio*näre Verschiedenheit" der Baktericidie eingehend gewürdigt. (S. 44/46).

Im Hinblick auf diese lokalen Unterschiede der Desinfektionskraft ist auch die Frage interessant und wesentlich, ob solche Unterschiede auch bei verschiedenen Personen bestehen. Ich wählte daher zwei meiner Versuchspersonen aus, die mir durch stärkere Verschiedenheit in den Ergebnissen aufgefallen waren und führte an ihnen einige Vergleichsuntersuchungen mit Bact. prodig. auf dem Handrücken durch unter den gleichen Außenbedingungen. (Kurve 23).

Der Unterschied in der baktericiden Kraft ist nur geringfügig gefunden worden, was man auf die gleichen Außenbedingungen und den gleichen Funktionszustand ihrer Schweißdrüsen zurückführen kann. Individuelle Unterschiede werden im wesentlichen zustande kommen durch verschiedene Schweißsekretion, Behaarung, Fettgehalt der Epidermis und Berufstätigkeit

Kurve XXIII *Hautbaktericidie bei versch. Personen. Je 4 Vers. mit Bakt.-Prod.*

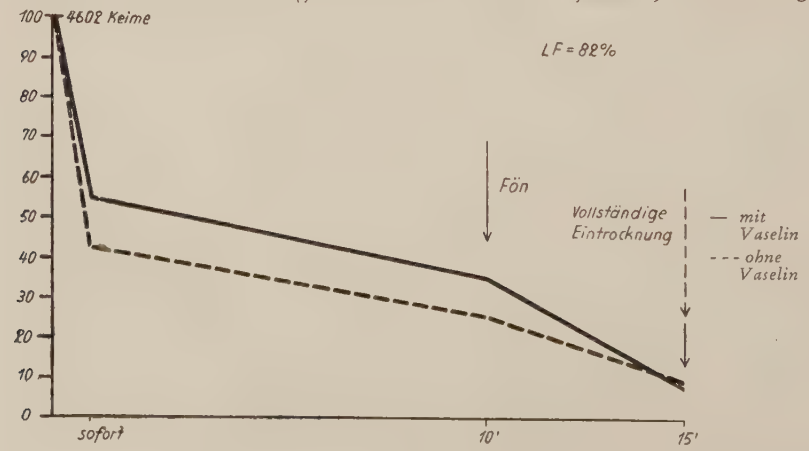


Vaselineversuche.

In meinen Untersuchungsergebnissen fand ich verschiedentlich Differenzen, die ich auf einen verschiedenen Fettgehalt der Oberhaut zurückführen zu können glaubte. Ich suchte durch Fetteinreibung diesen Zustand künstlich herbeizuführen.

In die Haut des Handrückens der Versuchspersonen wurde eine dünne Schicht Chesebrough-Vaseline eingerieben, dann wurde der weitere Versuch in der üblichen Weise ausgeführt und mit der unvorbehandelten Hand der anderen Extremität verglichen. Nach 10 Minuten Versuchszeit wurden die Hautbezirke in der gleichen Weise mit warmem Fönwind 5 Min. behandelt. (Kurve 24).

Kurve XXIV *Vaselinversuche (je 6 Bakt.-Prod. nach 10' jeweils 5' Fönbehandlg.)*



Infolge des Überzugs der Haut mit einer dünnen Fettschicht ist es den Bakterien nicht möglich trotz Einreiben mit dem Spatel, tiefer in die oberen Epidermisschichten einzudringen. Die Bakterien sitzen oberflächlich, und so ist auch eine größere Anzahl wiederzugewinnen als von der normalen Hautoberfläche. Trotz intensiven Reibens ist eine gleichmäßige Verteilung auf der Fettschicht nicht möglich, es kommt zur Tröpfchenbildung der Flüssigkeit, wie auf jeder fetthaltigen Oberfläche. Bei kleineren Oberflächen und dickeren Flüssigkeitsschichten ist die Verdunstung verzögert, zudem kommt noch eine geringe Wärmeisolation bei Beginn des Versuches. Wie aus den beiden Kurven hervorgeht, verhalten sich die Keimabnahmen diesen veränderten physikalischen Verhältnissen analog. Durch die warme Befönung muß der trocknende Einfluß auf die oberflächlich und in großer Zahl haftenden Mikroorganismen eine stärkere Abnahme erzielen wie auf der normalen Körperoberfläche. Da nach der Befönung auch auf der eingefetteten Haut die aufgetragene Flüssigkeitsmenge vollkommen verdunstet ist, so muß die noch übrig gebliebene Keimmenge geringer wie auf der anderen Hautfläche sein. Dies Verhalten ist auch aus dem Kurvenverlauf zu ersehen, da die Fönwirkung mehr Keime erreicht.

Versuche mit verschiedenen Bakterienarten.

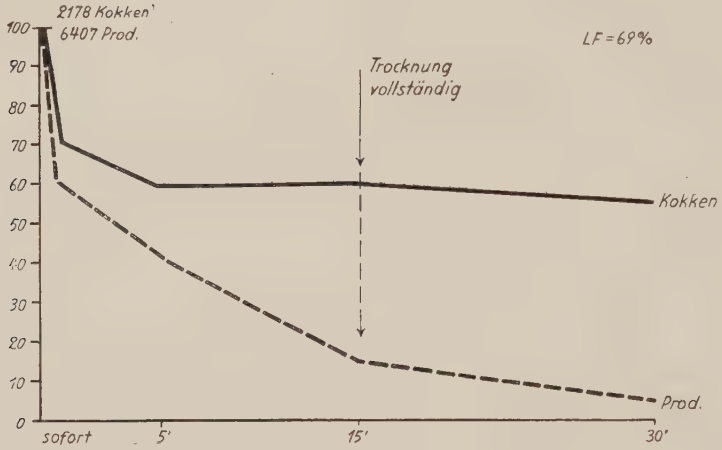
Nach den zahlreichen Untersuchungen mit Bact. prodig. war natürlich die Frage wesentlich, wie sich andere Bakterien auf der Hautoberfläche verhalten. Prodigiosum ist auf der Körperoberfläche ein Fremdling. Er muß sich also in diesem Milieu anders verhalten als die an diese Verhältnisse gewohnten Hautkokken.

Abschwemmung erfolgte mit Kochsalzlösung. Ein Tropfen einer 1 ccm Pipette wurde 1000fach verdünnt und von dieser Verdünnung wurden wiederum 3 Tropfen mit Kapillarpipette in den Glasring gegeben. (Kurve 25).

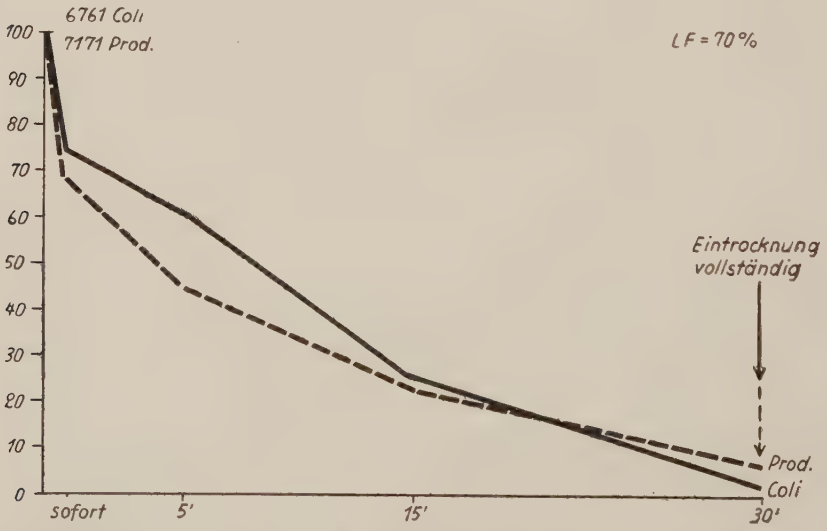
Wie aus den Kurven ersichtlich ist, erfolgt nur eine geringe Abnahme und die Keimzahl bleibt beständig auf der gleichen Höhe. Der Grund für dieses Verhalten ist darin zu suchen, daß die Keime wieder in gewohnte Umgebung zurückgegeben werden, aus der sie kommen. Sie sind widerstandsfähig gegen Austrocknung und können sich sofort wieder ihren alten Lebensbedingungen anpassen. Die anfängliche Abnahme beruht auf der Unmöglichkeit, die Bakterien alle wieder von der Oberfläche aufzusammeln. Ein gewisser Prozentsatz wird mechanisch zurückgehalten und ist daher mit dieser Methode nicht mehr zu erreichen.

Ähnlich wie Podigiosum verhält sich das Bact. coli. (Kurve 26).

Kurve XXV *je 5 Vers. mit Kokken und Prod. auf Handrücken*



Kurve XXVI *je 7 Vers. mit Coli und Prod. auf Handrücken*



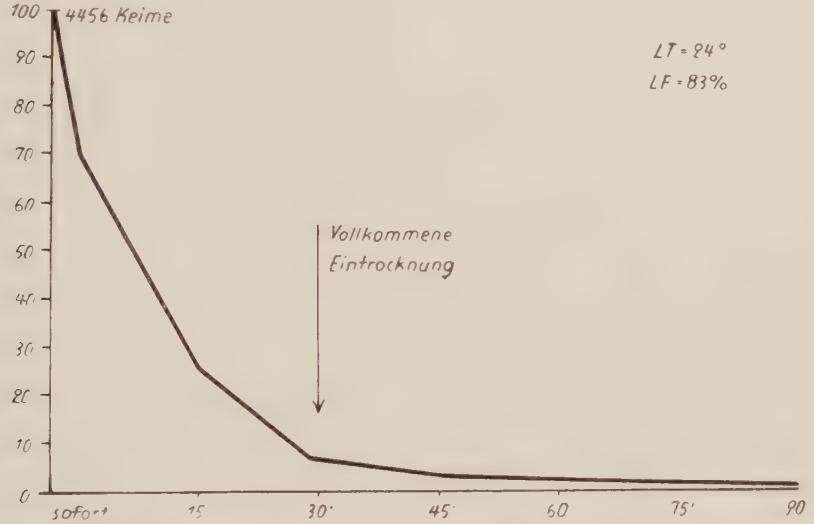
An höhere Temperaturen, hohe Feuchtigkeit und bessere Nährbedingungen im Darm gewöhnt, fühlt es sich in seiner neuen Umgebung nicht wohl und geht bald zugrunde. Diese starke „Desinfektionswirkung" Bact. coli gegenüber ist schon in zahlreichen Arbeiten angegeben worden.

Die Glasversuche wiesen schon einmal auf die maßgebende Bedeutung der Milieuänderung hin. Bei den hier angeführten Er-

gebnissen der Untersuchungen mit verschiedenen Keimarten ist diese Erscheinung besonders auffallend.

Die Arbeiten über die *Verweildauer* von Bakterien auf der Oberhaut sind nicht sehr zahlreich. Die wenigen Ergebnisse weisen darauf hin, daß sich ein kleiner Prozentsatz über Tage hinaus erhält. Ich verfolgte das Verhalten von Prodigiosumkeimen $1\frac{1}{2}$ Stunden lang in regelmäßigen Abständen von 15 Min. (Kurve 27).

Kurve XXVII *Je 6 Vers. mit Bakt.-Prod. über die Verweildauer auf Handrücken*



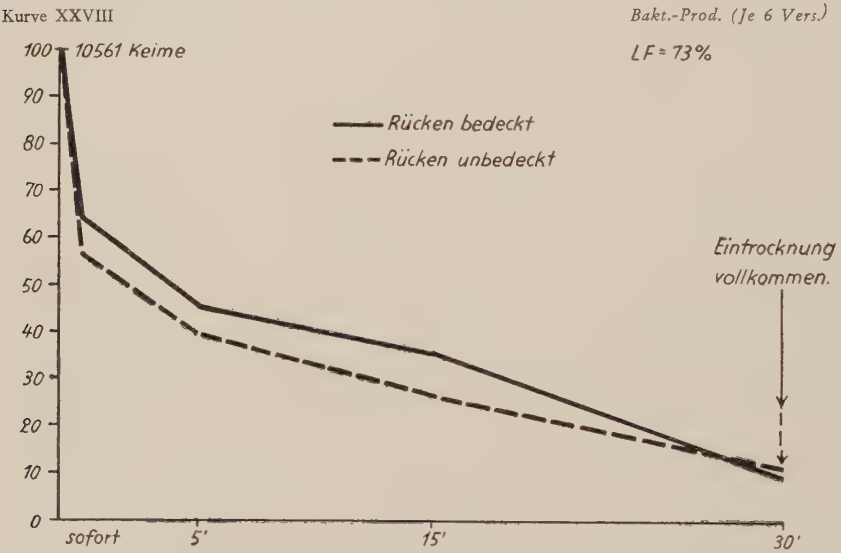
Man ersieht aus dem Kurvenverlauf, daß im wesentlichen die Abnahme sich in den ersten 30 Min. vollzieht, und sich die noch übrig gebliebenen resistenten Keime von diesem Zeitpunkt an in ziemlich konstant bleibender Zahl erhalten.

In einem weiteren Versuch prüfte ich noch eine längere Verweildauer. Auf den seitlichen unbehaarten Partien der Brusthaut markierte ich die Ringflächen mit Fettstift, verteilte darauf die gleiche Bakterienmenge und ließ die Flüssigkeit eintrocknen. Dann wurden diese Stellen zum Schutz mit aufgeklebten Mullstreifen versehen. 48 Stunden später fanden sich in den 5 untersuchten Fällen noch 0,3 bis 0,5% der Ausgangskeimzahl.

Eine weitere Versuchsreihe sollte sich mit dem Verhalten der Keime unter der *Kleidung* befassen. Glasringe wurden auf dem Rücken zwischen den Skapulae angebracht, mit Abschwemmung von Bact. prodig. versehen und dann mit Hemd und Krankenkittel wieder bedeckt.

Anfänglich wird sich eine gewisse Verdunstungsbehinderung bemerkbar machen; die Feuchtigkeit wird sich aber durch den porösen Stoff ausgleichen. Die Temperatur wird sich unter der Kleidung erhöhen (etwa 32°) und so ein stärkeres Sättigungsdefizit herbeiführen, das umso größer sein wird, je weniger die Kleidung für Luft durchgängig ist. Nach anfänglicher Verdunstungsbehinderung wird aber mit steigendem Sättigungsdefizit die Keimabnahme größer werden. Das Kurvenbild läßt einen ähnlichen Verlauf erkennen. (Kurve 28).

Kurve XXVIII



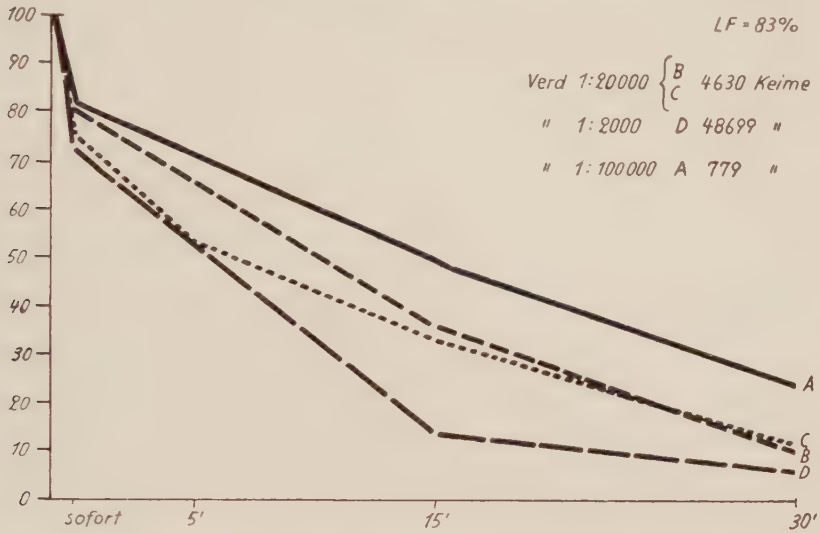
Im Schrifttum findet sich mancher Hinweis, daß die Keimabnahme auch von der Bakterienmenge abhängig sei. Bei kleineren Mengen müsse sich die Baktericidie stärker auswirken. Ich prüfte diese Ansicht in folgender Weise nach:

Es wurden mit Bact. prodig. Verdünnungen 1:2000, 1:20 000, und 1:100 000 hergestellt und ihr Verhalten auf dem Handrücken untersucht. (Kurve 29).

Hierbei zeigt sich eine eigentümliche Erscheinung. Aus dem Kurvenverlauf geht hervor, daß große Bakterienmengen in viel stärkerem Ausmaß von der selbstdesinfizierenden Wirkung der Epidermis-Oberfläche betroffen werden. Geringe Bakterienmengen dagegen werden von der Selbstreinigung weniger beeinflußt. Den rein physikalischen Einflüssen müßten bei verschieden konzentrierten Keimaufschwemmungen eine relativ gleich große Anzahl erliegen. Als Erklärung für dieses auffallende Verhalten ist viel-

Kurve XXIX

Keimabnehmen versch. Verdünnungen von Bakt.-Prod. (Je 6 Vers.)



leicht anzunehmen, daß bei Vernichtung größerer Bakterienmengen Abbauprodukte entstehen, die ihrerseits wieder die noch erhaltenen Keime schädigen. Bei großen Bakterienkonzentrationen wird schon ein geringerer Flüssigkeitsverlust eine größere Keimzahl zum Erliegen bringen als bei starken Keimverdünnungen. Zur Erklärung dieser Erscheinung setzte ich der starken Verdünnung die Differenz zu der geringen Verdünnung mit abgetöteten Keimen zu und wiederholte dann den Versuch. Abtötung erfolgte durch 20 Minuten langes Kochen der Aufschwemmung.

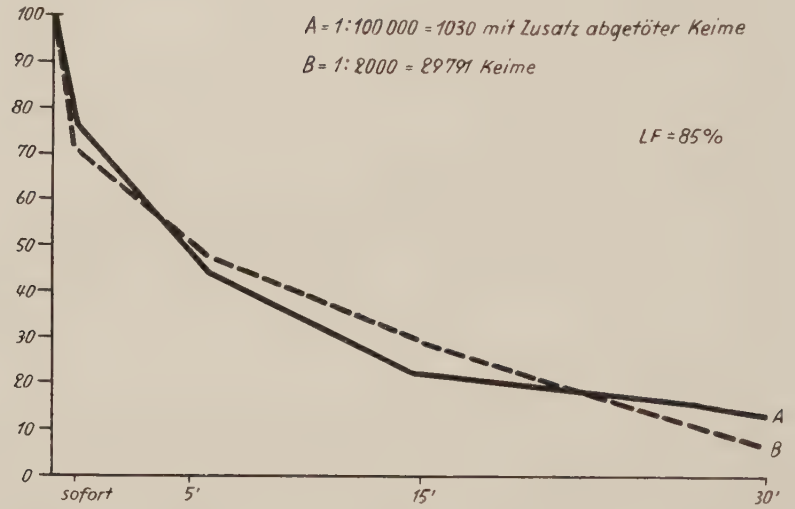
Auf Kurve 30 sieht man, die Verdünnung 1:2000 der Verdünnung 1:100 000 gegenübergestellt, gleichen Absterbeverlauf. An einer fehlerhaften Auszählung der großen Bakterienmengen kann der Unterschied nicht liegen, sonst müßten die größten Differenzen bei den ersten Keimabnahmen liegen.

In neuester Zeit sind eine Reihe von Arbeiten (*Knorr* mit *Weberpals* und *Schwermer*) erschienen, die auf Agarplatten und in Brühe nach Vorbestrahlung mit Ultravioletten Strahlen starke *sekundär baktericide Wirkung* sehen. Ich führte eine Versuchsreihe durch, um zu sehen, ob auf der Haut ähnliche Erscheinungen auftreten.

6 Tage vor Versuchsbeginn begann ich mit der Bestrahlung. Zuerst war die Bestrahlungszeit 5 Min., dann wurden jeden Tag 5 Min. zugelegt bis 30 Min. erreicht waren. Abstand von der Höhensonne betrug 30 cm. Es wurde ein UG 5 Filter vorge-

Kurve XXX

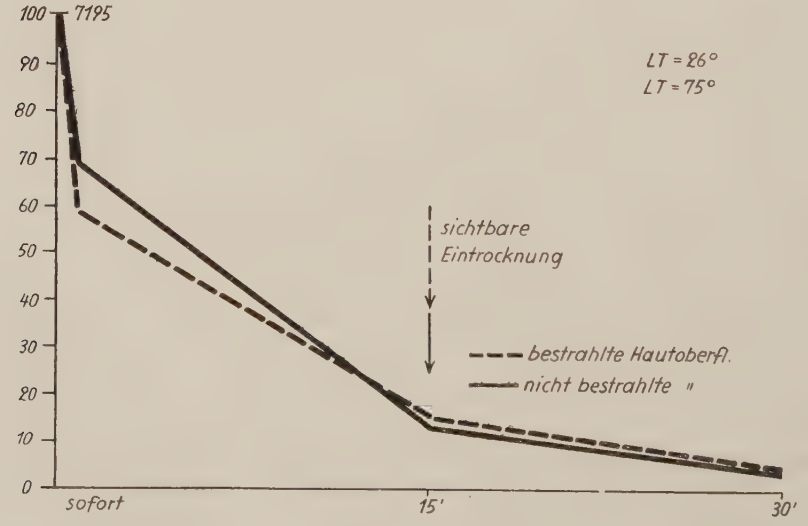
. Keimabnahme versch. Prod.-Verdünnungen (Je 6 Vers.)



schaltet, um außer dem kurzwelligen Bereich alle anderen Strahlen abzufangen. Der andere Handrücken wurde mit Rotstrahlen im Glühlichtkasten mit gleichen Bestrahlungszeiten behandelt. Am 7. Tage wurden nach 30 Min. Bestrahlung der Versuch durchgeführt. (Kurve 31).

Kurve XXXI

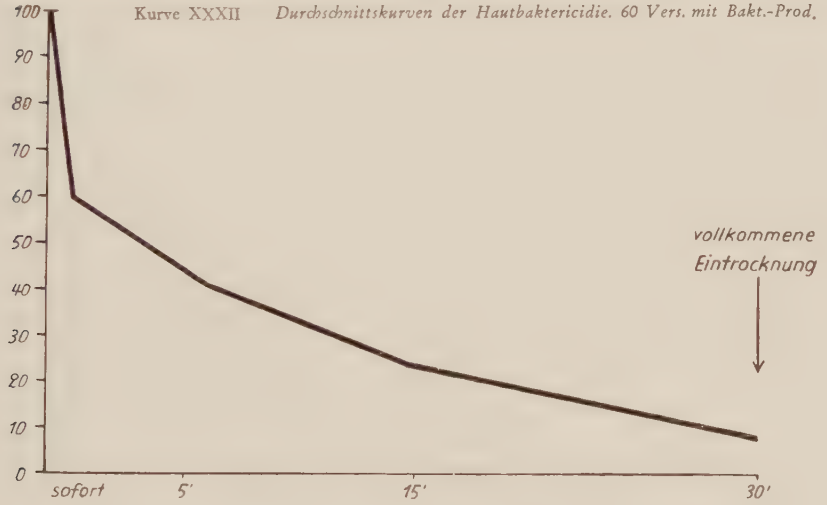
Je 6 Vers. mit Bakt.-Prod



Die Vergleichskurven zeigen, daß das Phänomen der „sekundären Baktericidie" nicht eingetreten ist. Wohl ist die Keimabnahme nach 15 Min. schon beträchtlich. Aber da sie in beiden Fällen eingetreten ist, scheint hierfür nur die sekundäre Hyperaemie maßgebend zu sein. Das Ausbleiben der „sekundären Baktericidie" ist vielleicht auf die zur Schonung des Hautgewebes nur kurzen Bestrahlungszeiten zurückzuführen. Auf Agar und in Brühe zeigte sie sich erst nach vielstündiger Vorbestrahlung.

Zum Abschluß der Arbeit sei noch eine Durchschnittskurve von 60 Versuchen angeführt, die die Hautbaktericidie in den Sommermonaten Mai bis September bei den verschiedensten Personen vor Augen führt. (Kurve 32)

In Abb. 12 veranschaulicht eine Plattenreihe die normale Stärke der Selbstdesinfizierenden Wirkung der Haut.



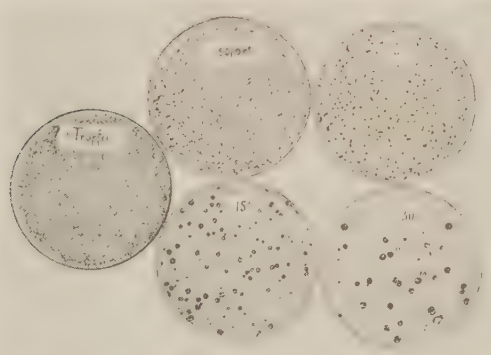


Abb. 12
normale Keimabnahme

9. Zusammenfassung.

1. Es wurde eine *neue Technik* zur Untersuchung der Hautbaktericidie ausgearbeitet und ihre Vorteile gegenüber den bisher gebräuchlichen Methoden experimentell nachgewiesen.

2. Mit Hilfe von Lösungen mit verschiedenen Säure- und osmotischen Werten wurde nachgewiesen, daß die auf der Haut normalerweise gefundenen *Säure- und osmotischen Verhältnisse* allein keine baktericide Wirkung herbeiführen können.

3. An Hand von Tier-, Leichenhaut- und Glasversuchen wurde gezeigt, daß die keimtötende Hautwirkung nicht mit *Schweißdrüsenfunktion* zusammenhängen kann.

4. Es wurde eine *regionäre Verschiedenheit* der Selbstdesinfektionswirkung festgestellt.

5. Eindeutig wurde die wesentliche Wirkung der Trocknung in zahlreichen Versuchsreihen gezeigt. Eine kombinierte Wirkung aus *exogenen und endogenen Faktoren* bestimmt die Hautbaktericidie.

6. Keimabnahme verlief infolge *Verdunstung* auf Glas parallel dem Gewichtsverlust der Flüssigkeit.

7. Mitbestimmend für die Selbstdesinfektionswirkung erwies sich *Milieuänderung und Keimart.*

8. *Individuelle Unterschiede* in der Baktericidie stellten sich als unwesentlich heraus.

9. Keime, die der Selbstreinigung entgangen waren, konnten in gleicher Anzahl noch nach 48 Stunden nachgewiesen werden.

10. Keimabnahme bei großen *Bakterienkonzentrationen* erwies sich stärker als bei kleineren. Durch Zusatz von abgetöteten Keimen wurde bei großen Verdünnungen der Baktericidie-Vorgang verstärkt.

11. Großer *Fettgehalt* der Oberfläche setzt die Baktericidie herab.

12. *Sekundäre Baktericidie nach U.-V. Vorbestrahlung wurde* nicht beobachtet.

Am Schlusse der Arbeit möchte ich nicht versäumen, Herrn *Prof. Dr. Knorr* zu danken für die Überlassung des Themas und des Materials, sowie für die jederzeit bereitwillige und tatkräftige Unterstützung trotz stärkster Inanspruchnahme.

10. Schrifttum.

Arnold L. u. *Bart, A.:* Zbl. f. Haut- u. Geschl. Bd. 47 1934 S. 672
Arnold, Gustafson, Hull,
Montgomery, Singer: Amer. J. Hyg. 11 1930 S. 345
Aubert: Handwörterbuch der Naturw. Bd. 5 S. 392
Avery, Cullen und *Dernby:* aus Burthenshaw, Journ. of Hyg. 1938 S. 575
Berger, K.: Dissertation Würzburg 1936
Berkholz: Arb. Kais. Ges. A. Bd. 1889 S. 1
Besredka, A.: Lokale Immunisierung Leipzig 1926
Bizzozero, Bardini-Uffreduzzi, Boek,
Bunge, Michelsen, Petruschky, Sehlen: aus Hoegler „Händereinigung, Händedesinfektion, Händeschutz", Basel 1900
Braun, G.: Klin. Wschr. 1922 S. 761; Klin. Wschr. 1928 S. 2059
Bryan, Cl. und *Mallmann, W.:* The Journ. of Lab. et Cl. Med. Bd. 18 1933 S. 1249
Burckhardt: Arch. f. Derm. u. Syph. Bd. 173, 1935 S. 155
Burthenshaw: Journ. of Hyg. 1938 S. 575
Büttner und *Pfleiderer:* Phys. Bioklimatologie Leipzig 1938
„Grundlagen der Hautthermometrie" Leipzig 1935
Cornbleet und *Montgomery:* Arch. Derm. et Syph. Bd. 23 1931 S. 908
Dold und *Chen Yü Shiang:* Ztschr. f. Hyg. Bd. 89 1919 S. 266
Ernst, J.: Hautdesinfektionsprobleme, Leipzig 1937
Ebert, Bizzozero und *Wigura:* aus Hidaka Med. Klin. 1911 Nr. 44 S. 1698
Fisher, V.: Proc. of the Soc. f. exp. Biol. et. Med. Bd. 28 1931 S. 952
Ficker: Zbl. f. Bakt. 27 S. 685
Hahn, M.: in path. Mikroorg. v. Kolle, Kraus, Uhlenhut S. 718 1929
Hall und *Fraser:* Brit. J. exp. Path. 2 S. 242
Herrmann und *Fürst:* Dermat. Wschr. 1929 S. 397
Hidaka, S.: Med. Klinik Nr. 44 1911 S. 1698
Hilgers, W. E.: „Saprophytische und pathogene Bakt. der Haut". in Handb. der Haut- und Geschl.-Krankh. von Jadassohn Bd. 2 1932 S. 301
Hoegler, C.: „Händereinigung, - Desinfektion, - Schutz" Basel 1900
Hoffmann: aus Memmesheimer Zschr. f. ärztl. Fortb. 1931 S. 210
Gottschlich: aus path. Mikroorg. von Kolle usw. 1929 S. 249
Knorr und *Ruf:* Zbl. f. Bakt. Orig. Bd. 133 S. 289 1935

Kordatzki: Taschenbuch der prakt. Ph.-Messung 1934
Kossel: Zschr. f. Hyg. Bd. 27 1898 S. 36
Lebert, Hobein, Kappis, Neufeld: aus Hilgers im Handb. d. Haut- und Geschl.-Krankh. Jadassohn 1932
Marchionini: Dermat. Zschr. 56 1929 S. 248
Dermat. Zschr. 58 1930 S. 227
Klin. Wschr. 1929 S. 924
Arch. f. Dermat. 154 S. 705
Arch. f. Dermat. 158 S. 295
Arch. f. Dermat. 166 S. 354
Marchionini und *Schmidt:* Klin. Wschr. 19 1938 S. 773
Marchionini und *Hausknecht:* Klin. Wschr. 19 1938 S. 663
Marchionini, Schmidt und *Kiefer:* Klin. Wschr. 19 1938 S. 736
Markoff: Zbl. f. Bakt. 20 1886 S. 604
Montgomery: Proc. Soc. exper. Biol. et Med. 27 1931 S. 374
Lustig und *Perutz:* Arch. f. Dermat. Bd. 162 S. 129
Noguchi: Arch. f. Klin. Chir. Bd. 99 1912 S. 948
Norton und *Novy:* Amer. J. publ. Health 1931 S. 1117
Amer. J. publ. Health 1932 S. 193
Pease und *Himbeaugh:* Amer. J. publ. Health 1930 S. 820
Ritchie: Arch. f. Klin. Chir. Bd. 91 1909
Sabourand: nach Gottschlich aus path. Mikroorg. Kolle usw.
Schade und *Marchionini:* Arch. f. Dermat. Bd. 154 1928 S. 60
Klin. Wschr. 1928 S. 12
Scheer: Arch. f. Hyg. Bd. 88 1919 S. 130
Schiemann und *Landau:* Zschr. f. Hyg. Bd. 88 1918 S. 129
Schwermer: Dissertation Würzburg 1939
Simoncini: Bakt. Ref. 34 S. 728
Singer und *Arnold:* Proc. Soc. exper. Biol. et Med. 27 1930 S. 364
Shaker Shoukri: Zschr. f. Hyg. Bd. 110 S. 697
Süssmann: Arch. f. Hyg. Bd. 100 1928 S. 211
Vámos: Dermat. Zschr. 1932 Bd. 63
Weberpals: Dissertation Würzburg 1938

Lebenslauf.

Am 28. September 1914 wurde ich in Gießen als Sohn des damaligen Regierungsrates Dr. Rudolf Siegert und seiner Ehefrau Margarethe, geb. Wissenbach, geboren. Nach Besuch der Volksschulen in Gießen und Offenbach trat ich Ostern 1924 in die Sexta des humanistischen Gymnasiums in Offenbach ein. Im Juni 1924 wurde ich infolge der Versetzung meines Vaters nach Darmstadt in das dortige Ludwig-Georgs-Gymnasium aufgenommen, an dem ich im März 1933 die Reifeprüfung ablegte.

Im Mai 1933 begann ich an der Universität Würzburg das Medizinstudium. Im Sommer 1935 unterbrach ich für $^1/_2$ Jahr das Studium und nahm am studentischen Arbeitsdienst teil. März 1936 bestand ich in Würzburg die ärztliche Vorprüfung. Meine klinischen Semester verbrachte ich in Rostock, Marburg, München und Würzburg, wo ich Februar 1939 das Staatsexamen ablegte. Danach war ich als Med.-Praktikant am hygienischen Institut und der Medizin.-Klinik in Würzburg tätig. Im September 1939 erhielt ich die Approbation als Arzt. Infolge des Kriegsausbruches mußte die vorliegende Arbeit in kürzester Frist niedergeschrieben werden.

Ich versichere ehrenwörtlich, daß ich die vorliegende Arbeit selbständig verfaßt und außer dem angegebenen Schrifttum keine weiteren Hilfsmittel benutzt habe.

Rudolf Siegert